

OBSERVADORES
DEL CIELO
EN EL MÉXICO
ANTIGUO

≈

ANTHONY F. AVENI



SECCIÓN DE OBRAS DE ANTROPOLOGÍA

OBSERVADORES DEL CIELO EN EL MÉXICO ANTIGUO

Traducción de
JORGE FERREIRO

ANTHONY F. AVENI

OBSERVADORES DEL CIELO EN EL MÉXICO ANTIGUO



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición en inglés, 1980
Primera edición en español, 1981
Segunda edición, 2005
Primera reimpresión, 2013

Aveni, Anthony F.

Observadores del cielo en el México antiguo / Anthony F. Aveni ; trad. de Jorge Ferreiro. — 2ª ed. — México : FCE, 2005

517 p. ; 23 × 17 cm — (Colec. Antropología)

Título original: *Skywatchers*

ISBN 978-968-16-7293-5

1. Astronomía — Historia — México 2. Antropología — México I. Ferreiro, Jorge, tr. II. Ser III. t

LC F1219.3 A82 A93

Dewey 520.1 A865o

Distribución mundial

© 2001, The University of Texas Press, Austin

Título original: *Skywatchers*

A revised and updated version of *Skywatchers of Ancient Mexico*

D. R. © 2005, Fondo de Cultura Económica

Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.

www.fondodeculturaeconomica.com

Empresa certificada ISO 9001:2008

Diseño de portada: Mauricio Gómez Morin y Francisco Ibarra

Comentarios: editorial@fondodeculturaeconomica.com

Tel.: (55)5227-4672. Fax: (55)5227-4694

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-968-16-7293-5

Impreso en México • *Printed in Mexico*

ÍNDICE GENERAL

<i>Agradecimientos</i>	11
 I. <i>Introducción: la arqueoastronomía y sus componentes</i>	13
La arqueoastronomía: veinte años de retrospección	19
Lecturas selectas adicionales	23
 II. <i>Fundamentos históricos, etnográficos y etnológicos de la astronomía indígena americana</i>	28
Las civilizaciones de la antigua Mesoamérica	28
Cronistas y códices	32
Constelaciones aztecas	49
La astronomía y el registro etnológico: la importancia del paso del Sol por el cenit	63
Lecturas selectas adicionales	71
 III. <i>Astronomía a simple vista</i>	73
La esfera celeste: marcos de referencia en coordenadas	73
Mapa de los movimientos del Sol	84
La Luna, los eclipses y los ciclos de eclipses	97
Los ciclos de los planetas	115
Diversos fenómenos observables en el cielo	133
Apéndice A. Glosario de términos astronómicos de importancia en arqueoastronomía	137
Apéndice B. Factores que afectan la determinación precisa de orientaciones astronómicas	141
Apéndice C. Fenómenos de orto y ocaso heliacos	152
Apéndice D. Determinación de la fecha aproximada de salida y puesta del Sol para un acimut dado	159
Apéndice E. Cambio de dirección de la brújula magnética con el paso del tiempo en Mesoamérica	164
Apéndice F. Algunas fórmulas básicas útiles para el trabajo de campo en arqueoastronomía	166

Apéndice G. Cómo determinar alineamientos con teodolito	168
Lecturas selectas adicionales, auxiliares electrónicos y mapas de estrellas ..	173
 IV. <i>El contenido matemático y astronómico de las inscripciones mesoamericanas</i>	177
Breve historia del desciframiento calendárico	177
La filosofía mesoamericana de los números	181
La Cuenta Larga	189
La rueda calendárica	194
La unión del tiempo y el espacio en la cosmología mesoamericana	203
Cómo opera el calendario	209
La serie suplementaria y el mes sinódico lunar	214
Cálculos del año trópico	224
Fenómenos planetarios en las inscripciones monumentales	227
Astronomía en los códigos mayas. I. El contenido general de los códigos ..	232
Astronomía en los códigos mayas. II. Eclipses y tablas de eclipses	237
Astronomía en los códigos mayas. III. Venus	251
Astronomía en los códigos mayas. IV. Las tablas de Marte	269
¿Hubo un zodiaco mesoamericano?	275
Resumen	281
Apéndice A. El problema de la correlación de fechas mayas y cristianas ...	284
Apéndice B. Esquema para la conversión de fechas mayas	288
Lecturas selectas adicionales	293
 V. <i>La astronomía y la arquitectura en la América antigua y la cuenca del Mediterráneo</i>	297
El motivo de la orientación	297
La ciudad y el cosmos: planeación urbana en el Altiplano Central mexicano	304
Orden cósmico en la capital azteca	323
Las ciudades mayas: arquitectura y paisaje sagrado	334
Conjuntos arquitectónicos especializados	357
La arqueoastronomía en Norteamérica	406
Arqueoastronomía en el mundo andino	416
Resumen: la astronomía en las antiguas culturas americanas	434
Arqueoastronomía circunmediterránea	435
 Apéndice A. Análisis de los petroglifos de cruz punteados	444
Lecturas selectas adicionales	450

ÍNDICE GENERAL

9

<i>Posdata</i>	457
<i>Bibliografía</i>	461
<i>Índice de cuadros</i>	501
<i>Índice analítico</i>	503

AGRADECIMIENTOS

Estoy en deuda con las numerosas personas que han hecho aportaciones al campo de la arqueoastronomía y cuyas ideas, expresadas mediante muchas discusiones y comunicaciones fructíferas y fascinantes a lo largo de los últimos 20 años, se incorporaron a este texto. Además de las citadas en los *Observadores...* originales, me gustaría agregar los nombres de colegas especialmente útiles como Victoria y Harvey Bricker, David Carrasco y Susan Milbrath. También agradezco a quienes contribuyeron a la terminación técnica de este proyecto, en especial a Diane Janney y Lorraine Aveni; a Theresa May y al personal de producción de la University of Texas Press; a Lois Rankin y Caroline Wylie por su excelente labor de editores, y a Faith Hamlin por hacer posible y alentar esta empresa.

I. INTRODUCCIÓN: LA ARQUEOASTRONOMÍA Y SUS COMPONENTES

La astronomía maya es demasiado importante para abandonarla a los astrónomos.

SIR ERIC THOMPSON (1974, p. 97)

TODAS LAS CIVILIZACIONES en desarrollo muestran cierta reverencia por el cielo y su contenido. El movimiento cíclico del Sol, la Luna, los planetas y las estrellas representa un tipo de perfección inalcanzable para los mortales. El acaecimiento regular de la salida del Sol y del ocaso lunar daba a los antiguos algo seguro y ordenado, un pilar estable en donde anclar sus pensamientos.

En la actualidad ya no precisamos de la astronomía práctica en la vida cotidiana. A diferencia de nuestros antepasados, pasamos la mayor parte del tiempo en un clima artificial de iluminación regulada: estamos casi totalmente desvinculados del entorno natural. La tecnología ha creado un telón de fondo artificial ante el cual representamos nuestras vidas. Se ha desvanecido toda necesidad que antaño tuvimos de observar cuidadosamente los fenómenos celestes. ¿Quién sabe a qué hora salió hoy el Sol o conoce la fase actual de la Luna? Los relojes mediante los cuales medimos el ritmo de nuestras actividades cotidianas nos dan una imagen deformada del modo en que los espacios temporales estimados dependen de las circunstancias que se revelan en el cielo.

Aunque tratemos de hacerlo, en realidad nos es imposible apreciar el grado en que el espíritu de los antiguos se preocupaba por el seguimiento de los astros. La ciencia y la tecnología modernas nos han despojado de cualquier sensibilidad verdadera ante la naturaleza y de la relación que guardaban nuestros antepasados con el cosmos. El cielo se vinculaba a casi todos los aspectos de su cultura; por consiguiente, encontramos a la astronomía antigua entrelazada con el mito, la religión y la astrología. Tanto confiaban los antiguos en el Sol y la Luna que los deificaron. Representaciones de estos luminares como objetos de adoración adornaban sus templos y se les simbolizaba en la escultura y otras obras de arte. Los antiguos seguían al dios del Sol adondequiera que fuese, señalando su aparición y su desaparición con gran meticulosidad. Su regreso a cierto punto del horizonte les decía cuándo sembrar, cuándo inundaría el río sus riberas o cuándo llegaría la época de los monzones. La siembra y la recolección se podían regular por los fenómenos celestes. Los días de celebración y festividad importantes se podían señalar de manera efectiva valiéndose del calendario celeste. Dotados de cono-

cimientos matemáticos y de un método para llevar registros, los antiguos podían afinar y ampliar su conocimiento de la astronomía posicional. Al cabo de varias generaciones, con la ventaja de un registro “escrito” pudieron aprender a predecir fenómenos celestes, como los eclipses, con mucha anticipación. ¡Qué gran ventaja no tendría la elite sobre sus seguidores con aquel acervo de conocimientos en su repertorio!

Continuamente nos asombramos ante las realizaciones al parecer imposibles de nuestros lejanos antepasados: ¿cómo levantaron las grandes pirámides, las estatuas de la Isla de Pascua o las enormes cabezas olmecas, y cómo desarrollaron un calendario tan preciso? Incrédulos, algunos nos volvemos hacia guardianes de zoológico extraterrestres en busca de la fuente de la sabiduría y la habilidad antiguas. De acuerdo con una versión popular, “en el pasado abundaron dioses desconocidos que visitaron la Tierra primitiva en naves espaciales tripuladas. En la antigüedad se produjeron realizaciones técnicas increíbles. Hay un cúmulo de conocimientos que en la actualidad tan sólo hemos redescubierto parcialmente” (Daniken, 1971, p. VII).

Aunque esto último sea sustancialmente cierto, la idea se expresa por la total ignorancia de las costumbres de los pueblos antiguos. Una de las metas de nuestra obra será demostrar que las complejas realizaciones astronómicas y matemáticas de los pobladores de la antigua Mesoamérica fueron consecuencia lógica del desarrollo evolutivo de una civilización que adoró intensamente los cielos y vinculó resueltamente los fenómenos que veía en el entorno celeste con el devenir de las cosas humanas.

Como los antiguos desplegaban considerables esfuerzos para rendir tributo a sus deidades celestes, no debería sorprendernos que, en muchos casos, los principios astronómicos desempeñaran una función en el diseño de los centros ceremoniales en que adoraron a sus dioses. Stonehenge quizás sea el ejemplo más famoso de una estructura antigua que, según se cree, tuvo una función astronómica. En 1964, el astrónomo Gerald Hawkins escribió *Stonehenge Decoded* (Stonehenge descifrado) y con ello reavivó una idea popularizada a fines del siglo XIX por sir Norman Lockyer ([1894] 1964). Hawkins formuló la hipótesis de que los megalitos, erguidos desde hace 5 000 años en la planicie del sur de la Gran Bretaña, constituían un calendario de piedra en el que cada componente estaba colocado de manera deliberada y precisa para que se alineara con fenómenos astronómicos que tenían lugar en el horizonte local. Desde entonces, trabajos detallados (Alexander Thom, 1967, 1971) y síntesis culturales (Euan MacKie, 1977; Clive Ruggles, 1999; Rodney Castleden, 1987, y Aveni, 1997) han ayudado a consolidar la base de nuestra comprensión de la astronomía megalítica antigua como parte de un registro no escrito del logro astronómico.

Al debate sobre Stonehenge debemos el resurgimiento del interés por el campo interdisciplinario de la astroarqueología, término acuñado por Hawkins (1966) a fin de incluir el estudio de los principios astronómicos empleados en las obras arquitectóni-

cas antiguas y la elaboración de una metodología para la obtención y el análisis cuantitativo de datos sobre alineamientos astronómicos. Un término alternativo, el de "arqueoastronomía", incluye el estudio del alcance y la práctica de la astronomía en las civilizaciones antiguas. Su definición concuerda con la disciplina que los clásicos llaman "historia de la astronomía", salvo en que tradicionalmente ésta ha tratado de la sociedad occidental culta y se centra en gran parte en el análisis de esquemas de notación al estilo occidental (esto es, escrituras antiguas, jeroglíficos egipcios, tablillas cuneiformes). Hallándose un poco menos confinada por la tradición y con frecuencia en desventaja por la parquedad de un registro escrito, la arqueoastronomía se ha desarrollado como una interdisciplina más general que trabaja con testimonios tanto escritos como arqueológicos e iconográficos. Por consiguiente, con frecuencia se entremezclan estudios de simbolismo y precisión astronómica.

Aunque se haya prestado gran atención a los sitios megalíticos de Europa, ha surgido un marcado interés por el estudio del papel de la astronomía en la planeación arquitectónica en otras partes del mundo, particularmente en América. En el Altiplano de México, el proyecto del gran centro ceremonial de Teotihuacan parece haberse organizado para armonizar con las posiciones del Sol y de varias estrellas fundamentales. También se han descubierto orientaciones astronómicas en el territorio maya de la Península de Yucatán. Las llamadas estructuras del Grupo E de Uaxactún, Guatemala, son el prototipo de una serie de puestos de observación del Sol hallados en la región. El Caracol de Chichén Itzá, en Yucatán, un observatorio en forma de torre redonda, incorpora tubos de observación horizontales dirigidos hacia posiciones de importancia astronómica.

Los antropólogos han empezado a interesarse por el estudio de las relaciones entre el conocimiento astronómico de las civilizaciones de Mesoamérica y el de las tribus nativas de Norteamérica. ¿Se difundieron las ideas cosmológicas entre estas culturas? ¿Qué conceptos se desarrollaron de manera independiente? Algunos túmulos ceremoniales de Cahokia, en las proximidades de San Luis, Missouri, y el centro de Kansas probablemente funcionaron como registros de solsticios destinados a marcar las posiciones extremas del Sol naciente. La Rueda de Medicina de Big Horn, formada con pedrejones en las montañas de Wyoming, también parece haber funcionado como observatorio astronómico. Muy al sur, es probable que las líneas interconectadas del sistema de *ceques* que rodea la antigua ciudad de Cuzco, en Perú, sean un calendario en el paisaje, con atributos astronómicos, religiosos e incluso políticos.

En América, investigadores de diversos campos han dirigido su atención hacia la práctica de la arqueoastronomía. Como resultado de la cooperación entre ellos, se ha agregado a la bibliografía especializada un conjunto de testimonios cada vez mayor sobre el papel de la astronomía en la vida de los antiguos habitantes de este hemisfe-

rio. Sigue adelante el lento proceso de integración de los resultados de estas investigaciones a la corriente principal de la historia intelectual humana.

Este libro se enfoca tanto en los pueblos de México y América Central antiguos, llamados Mesoamérica, como en lo que conocemos de sus sistemas astronómicos. Al estudiarlos, tenemos una enorme ventaja sobre Thom, Hawkins y sus predecesores. Merced a las inscripciones, el arte y la escultura, sabemos que las civilizaciones que se desarrollaron en el Nuevo Mundo antes del arribo de Colón, Cortés y Pizarro ya habían logrado grandes adelantos en el momento de su llegada. Apenas durante el último siglo hemos empezado a adquirir una apreciación cabal de la magnitud y la complejidad de las antiguas culturas del Nuevo Mundo. Los documentos calendáricos revelan que las matemáticas y la astronomía se contaban entre los logros distintivos de los mayas, quienes surgen como un pueblo totalmente dedicado a estas disciplinas. Para ellos, el tiempo era un intrincado sistema natural y cada día estaba marcado en un complejo laberinto de ciclos interminables. Pero, a diferencia absoluta de nuestra astronomía moderna, la *raison d'être* de la astronomía mesoamericana, y particularmente de la maya, era ritualista y adivinatoria por naturaleza.

Para lograr cuanto consiguieron, los antiguos mesoamericanos deben de haber sido observadores acuciosos del cielo. ¿Fueron también teóricos brillantes? A fin de responder a esta pregunta debemos reunir en un mismo lugar todo el material pertinente para hacer una evaluación objetiva de la profundidad y el alcance de su conocimiento astronómico. Es la meta que me he fijado al escribir este volumen. Para tratar de alcanzarla, necesariamente me he aventurado en diferentes direcciones fuera de mi propio campo, a modo de formar canales entre depósitos de material en disciplinas que se suelen considerar inconexas. Toda síntesis interdisciplinaria verdadera exige que se tome ese camino. Al andarlo, he hecho un esfuerzo especial por avanzar cautelosamente, aceptando la guía generosa de colegas interesados en campos afines.

Por haberse desarrollado un sistema interdisciplinario de la arqueoastronomía, el coadyuvante serio al conocimiento en este campo debe familiarizarse con ciertos segmentos de campos establecidos que la limitan. ¿Qué disciplinas? Al parecer es claro que, si se desea dominar las complejidades de la astronomía antigua, resulta indispensable una comprensión clara de la astronomía posicional básica. En cierta ocasión, el arqueólogo sir Eric Thompson, dedicado a los estudios mayas, sugirió que sólo se podía entender la astronomía maya “metiéndose en la piel” del sacerdote-astrónomo maya. En otras palabras, para entender sus sistemas astronómicos es esencial un conocimiento de la historia y la cultura de los pueblos nativos americanos. La aportación de la disciplina arqueológica es importante puesto que representa una parte considerable de los datos que se conservan. La astronomía precolombina se vinculaba sólidamente a la astrología y la religión. Quienes nos hemos dedicado a las ciencias modernas debe-

mos cuidarnos de no volver demasiado la vista hacia el presente. No podemos suponer que los mayas se hayan interesado siempre por los mismos fenómenos celestes que a nosotros nos importan. Algunos astrónomos con escasa visión del pensamiento precolombino han hecho afirmaciones sobre el calendario maya que se contraponen fuertemente a los hechos derivados de los estudios antropológicos.

Con demasiada frecuencia los debates sobre sistemas astronómicos antiguos se han expresado mediante un diálogo unilateral. A los científicos modernos se les acusa de modelar a nuestros antepasados a su propia imagen y semejanza. Como suelen enmarcar sus argumentos en la jerga científica de su especialidad, los antropólogos aceptan a ciegas sus sugerencias por respeto y asombro ante la complejidad de su lenguaje y su método científico o se niegan a considerar algún argumento por no comprender lo intrincado de la astronomía posicional descrita en folletos que nunca se concibieron para un público no científico. En cambio, muchos postulados astronómicos desmedidos fueron formulados por antropólogos sin experiencia que, con un conocimiento mínimo de astronomía elemental, habrían podido llevar muy lejos sus teorías.

Es de esperar que el presente volumen introduzca a todos los lectores en los componentes básicos del campo interdisciplinario de la arqueoastronomía. Lo ofrecemos como un puente que una a las disciplinas establecidas de la astronomía, la arqueología, la historia de la cultura y la historia de la astronomía y de la religión. Pretende servir de plataforma para el intercambio de ideas entre estudiosos de esos campos, al parecer disímbolos. La síntesis se presenta a un nivel elemental, para beneficiar tanto al neófito interesado como al visitante documentado de las ruinas.

El capítulo II empieza presentando un antecedente para nuestros estudios con una breve exposición sobre la base etnológica de la astronomía americana antigua. Este capítulo sirve para dar al lector una orientación general acerca de cómo consideraban los antiguos habitantes del Nuevo Mundo el firmamento que los rodeaba. A causa de la desenfrenada destrucción de documentos sagrados precolombinos por parte de los invasores españoles, poseemos relativamente poco con qué trabajar en esta área: partes de cuatro manuscritos mayas originales y unos cuantos procedentes del Altiplano Central; ciertas relaciones (algunas más confiables que otras) sobre la historia de los pueblos nativos escritas por misioneros españoles que viajaron a América poco después de la Conquista, y fragmentos de datos reunidos por etnógrafos que vivieron entre los sobrevivientes y progenitores de algún pueblo conquistado, algunos de los cuales practican todavía ritos antiguos.

William Bell Dinsmoor, arqueólogo de la Universidad de Columbia, decía que si tuviéramos que buscar una explicación del desprestigio en que había caído el estudio de la orientación de las construcciones en los años treinta del siglo pasado, éste podría atribuirse a "las sutilezas de los cálculos astronómicos modernos. Lo que en la anti-

güedad pudo haber sido un proceso sencillo, la simple observación del punto en que el Sol o, como algunos piensan, cierta estrella, salía y se ponía, determinado día del año entonces en curso, ahora debe reconstruirse laboriosamente" (1939, p. 102). Más de un arqueólogo moderno ha criticado los métodos de campo de la arqueoastronomía sobre la base (errónea) de que implican que los antiguos deben de haber usado equipo similarmente complejo (véase, por ejemplo, Rowe, 1979). Estas dificultades podrían haberse remediado si la comunidad de astrónomos hubiera dado a los antropólogos una clara explicación de aquella parte de su disciplina vinculada al asunto de la orientación, suponiendo que los especialistas dedicados al estudio de la historia de la cultura se tomarían la molestia de leerlos.

El capítulo III, sobre astronomía posicional, fue concebido para servir de guía práctica sobre el cielo y su contenido. Distinto por su tratamiento del que puede hallarse en los textos de astronomía comunes, este material se inclina especialmente hacia la astronomía a simple vista, sobre todo en lo que respecta a las latitudes tropicales en que se desarrollaron las civilizaciones nativas americanas. Se han suprimido los detalles no esenciales que contienen la mayor parte de los textos de astronomía clásicos. Básicamente, el investigador desea saber cuáles fueron los fenómenos astronómicos que los antiguos pueden haber observado. Sin apoyos tecnológicos, ¿cuáles son los procedimientos posibles para determinar el momento y el lugar de acaecimiento de esos fenómenos y con qué exactitud se les puede observar? ¿Cómo ha cambiado la aparición de algunos fenómenos astronómicos desde la época en que se desarrolló la cultura antigua? ¿Cómo podemos obtener información astronómica a partir de mediciones cuantitativas hechas en las ruinas arqueológicas? Preguntas de esta naturaleza se formulan con cierto detalle, haciendo hincapié en los fenómenos cíclicos, un aspecto del cielo captado con mayor facilidad por los observadores a simple vista. Se da por sentado el conocimiento de la geometría elemental. Quienes ya posean un saber de astronomía práctica pueden limitarse a revisar sólo brevemente este capítulo o, tal vez, a consultarlo como apéndice de referencia.

El capítulo IV está dedicado a la exposición de uno de los subtemas mejor tratados, aunque de la manera más enteramente aislada, de la astronomía indígena americana: el calendario mesoamericano. Fue éste uno de los sistemas de contar el tiempo más complejos que jamás haya concebido ningún pueblo antiguo. Aunque muchos especialistas que han escrito a ese respecto hayan centrado su atención en el desciframiento de los jeroglíficos y en el asunto de correlacionar las cronologías del Viejo y el Nuevo Mundos, el tratamiento dado aquí al calendario se inclinará pronunciadamente hacia la astronomía práctica. Los lectores interesados se familiarizarán con la operación fundamental del calendario, el desciframiento de fechas y el problema de correlacionar los calendarios mesoamericano y cristiano. En una época dominada por los programas

de computadora ideados para dar sólo respuestas concluyentes a problemas de naturaleza cuantitativa, existe la ingente necesidad de que quienes se dedican al estudio de la cultura mesoamericana comprendan con exactitud cómo se llegó realmente a los cálculos calendáricos. En el capítulo IV lo hacemos a la manera antigua atendiendo a todos los supuestos, siguiendo todos los pasos para llegar a las conclusiones. A quienes presten atención tal vez les sorprenda la simplicidad y la elegancia del proceso de creación de calendarios. También se pedirá a los lectores reflexionar en cómo se vinculan los elementos calendáricos con la astronomía a simple vista a la que ya fueron expuestos y de la cual se derivó el calendario. ¿Cómo predecían los mayas los eclipses, según parecen implicar las inscripciones? ¿Cómo determinaban la longitud del año de Venus y del mes lunar con errores de menos de un día en varios siglos? ¿Qué clase de determinaciones se necesitaban y cuál fue el *modus operandi*? ¿Cuándo es “científica” esta astronomía, de llegar a serlo? Todas estas preguntas, abordadas en el capítulo IV, son aplicables a la astronomía de cualquier cultura antigua.

El capítulo V, sobre orientaciones astronómicas, trata del papel de la astronomía en el diseño y la disposición de los centros ceremoniales. Partiendo de una exposición sobre la curiosa orientación sistemática de los ejes principales de ciudades mesoamericanas, el capítulo incluye un análisis de construcciones especializadas que poseen formas y orientaciones peculiares. Con propósitos comparativos, se incorpora a la presentación el estudio de otros casos de alineamientos astronómicos en la arquitectura antigua del Nuevo Mundo y fuera de él.

El lector de este texto deberá estar preparado para sacar conclusiones definidas sobre las realizaciones astronómicas y calendáricas de nuestros predecesores en este continente y sobre los fines que perseguían con ese conocimiento. En general, el presente libro es tanto una síntesis como una visión personal que opera sin predisposición alguna a la demostración de teorías de las que no existe prueba alguna. Antes bien, lo que se intenta es que sirva de mercado en el que se reúnan las ideas y los testimonios sobre cuestiones que exigen una atención creciente en el campo de la astronomía precientífica. Es de esperar que de esa reunión surja la síntesis gradual de nuestra comprensión renovada del cosmos y de su lugar en la cultura mesoamericana.

LA ARQUEOASTRONOMÍA: VEINTE AÑOS DE RETROSPECCIÓN

Muchas cosas han ocurrido desde la publicación original de *Skywatchers* (*Observadores del cielo...*); más de una docena de conferencias internacionales han abordado asuntos importantes y han aparecido centenares de informes especializados impresos, de buen número de los cuales son coautores equipos interdisciplinarios. Por lo que

toca en especial al área mesoamericana, los resultados de muchas investigaciones están disponibles tanto en las publicaciones periódicas de las disciplinas establecidas que constituyen los estudios indígenas americanos (por ejemplo, *American Antiquity*, *Latin American Antiquity* y *Ancient Mesoamerica*) como en las dos revistas que durante más de 25 años se han dedicado a la arqueoastronomía: *Archaeoastronomy, Supplement to the Journal for the History of Astronomy* (publicada aún en la Universidad de Cambridge) y *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* (publicada ahora por la University of Texas Press). En combinación con su disciplina hermana la etnoastronomía,¹ que trata de los pueblos vivos, la arqueoastronomía se ha constituido en parte de la “astronomía cultural” (véase Ruggles y Saunders, 1993), con lo cual se acerca más al cumplimiento de la anhelada meta de formular y responder a interrogantes en un pleno contexto cultural.

La formación de esta corriente principal interdisciplinaria de estudios astronómicos del antiguo Nuevo Mundo es resultado de un significativo alejamiento de la “caza de mariposas celestes” etnocéntrica; es decir, la tendencia a señalar alineamientos precisos logrados por astrónomos ingenuos (entre ellos yo). En cambio, el interés se ha trasladado a la formulación de interrogantes sobre la práctica de la arqueoastronomía relacionada con la teoría antropológica y arqueológica (véase Kintign, 1992; Aveni 1989b, 1992c).

En la tradición comparativa establecida, que oponía a los astrónomos “menos perfeccionados” del Nuevo Mundo a sus contrapartes del Viejo Mundo apoyados en los textos clásicos, lo que solía importar era el “cómo” de la arqueoastronomía: ¿Estaban sus astrónomos tan capacitados como los nuestros? ¿Ascendían ellos también por una escala de progreso hacia grandes alturas intelectuales? ¿En qué punto encajaban la tecnología, la precisión y la teorización científica, sello distintivo de la astronomía occidental? Estas mismas preguntas dieron pábulo a la controversia sobre Stonehenge. Para aquellos que las investigaban, era un problema simple (en especial con la aparición de la computadora personal de alta velocidad) adquirir las herramientas y la metodología para demostrar con cuánta precisión podía un meticuloso observador analfabeto del cielo marcar en el paisaje terrestre o celeste un solsticio o una detención lunar. Apenas sorprende que los arqueólogos reaccionaran con desinterés y hastío al retozo etnocéntrico de los arqueoastrónomos en la selva que condujo a la revelación de “hechos sor-

¹ Parafraseando a Ray Williamson y Claire Farrer (1992, pp. 278-279): Los etnoastrónomos —preparados inicialmente en astronomía, antropología, arquitectura, historia del arte, folclor, geografía, lingüística, mitología, filosofía, poesía, psicología, estudios de las religiones o simbolismo— trabajan con pueblos vivos cuya astronomía no duplica el modelo científico de Europa occidental; por tanto, unen su tipo de astronomía con el prefijo *etno* —y evitan el uso del prefijo *arqueo*—. Al trabajar con pueblos vivos no occidentales, los etnoastrónomos suelen descubrir no sólo que sus percepciones de los fenómenos celestiales difieren del canon euroamericano, sino que también tienen diferencias significativas en el modo de utilizar esas percepciones para organizar otro comportamiento, de la estructura cognitiva a los valores.

prendentes" respecto a indios misteriosos. Hoy, el "porqué" de la arqueoastronomía merece la misma atención que el "cómo": ¿Por qué la preocupación maya por los ciclos temporales del planeta Venus? (Para hacer la guerra.) ¿Por qué la hierofanía celestial y las inscripciones entrelazadas astronómicamente de Palenque? (Para seguir el linaje del gobernante hasta los dioses celestiales.) ¿Por qué la singular disposición del Templo Mayor azteca? (Para pagar tributo al dios de la lluvia.) Las tres tradiciones, estrechamente dependientes de un conocimiento celeste, se han seguido ahora hasta las culturas indígenas que las preceden.

Pero ese interés en el *porqué* tiene un precio: el trabajo arduo. Hoy, la licencia para practicar la interdisciplina de la arqueoastronomía exige un conocimiento probado de la cultura acerca de la cual se teoriza. Hay menos preocupación por revelar "primicias" y más por aportar piezas faltantes convergentes que den forma y significado a la imagen del acertijo. Abierta aún a ideas nuevas, la arqueoastronomía se ha desprendido dolorosamente de su "marginalidad", mostrándose más crítica hacia la teorización ex-céntrica. Como debe ser en un campo que ha alcanzado la mayoría de edad.

Estos adelantos de bases amplias en el método y la teoría, los avances sorprendentes en la especialización mesoamericana regional y la comprensión de qué partes de *Observadores del cielo...* original eran vergonzosamente caducas me instaron a emprender una revisión del libro, con el amable estímulo de la University of Texas Press. Los lectores se sentirán familiarizados con grandes pasajes de la primera parte del nuevo *Observadores...* El capítulo II sobre las fuentes etnográficas fue puesto al día con algo del material descubierto en fechas recientes, y el capítulo III sobre fenómenos celestes se ha beneficiado con la incorporación de sugerencias tomadas del sinúmero de observaciones sobre el texto que he recopilado a lo largo de los años. Los comentarios, que incluyen tanto correcciones como mejores maneras de decir, fueron aportados por colegas con discernimiento y por alumnos jóvenes brillantes, muchos de ellos míos, en los aproximadamente 20 cursos de arqueoastronomía que he impartido valiéndome del texto antiguo. Es obvio que hubo de desecharse el apéndice sobre astronomía posicional para calculadoras de tarjeta magnética; éste fue sustituido por una útil lista de programas computarizados disponibles y otros materiales que aparecieron rápidamente con nuestra floreciente interdisciplina.

En el capítulo IV, sobre los mayas y los calendarios relacionados con ellos, aparecen grandes cambios escritos cuando apenas empezaba la revolución en el desciframiento. He desechado material obsoleto sobre el problema de la correlación calendárica y sobre algunos asuntos de desciframiento que ahora parecen menos importantes y he ampliado el capítulo para incluir muchas nuevas traducciones de textos de códices y de monumentos que tratan de astronomía. Aunque hayan proliferado sitios de la red y técnicas computarizadas para efectuar cálculos calendáricos (por ejemplo, la mayor

parte de los procedimientos mecánicos abordados en el capítulo IV se pueden realizar en segundos consultando *pauhtun.org* y otros sitios), he conservado mi meta original de presentar el modo en que funciona el calendario y cómo se vinculan entre sí sus partes constitutivas, llevando al lector paso a paso por varios ejemplos de cálculo, tal como lo hicieron los mayas.

En su "Prefacio" a la primera edición de *Observadores del cielo...*, el historiador de la ciencia Owen Gingerich lo caracterizó como el primer libro de extensión considerable en que se unen la astronomía con la arqueología y la etnología. Desde su publicación, los progresos astronómicos han cobrado suficiente importancia para ocupar el centro de una de las Mesas Redondas de Palenque, conferencias internacionales organizadas en el sitio de los primeros grandes pasos del desciframiento. La difunta Linda Schele (guía máxima en la búsqueda por descifrar la escritura maya) y sus colaboradores hicieron de la astronomía la pieza fundamental de una de las obras más importantes sobre los mayas (Freidel, Schele y Parker, 1993). Me entusiasma particularmente agregar a esta segunda edición de *Observadores del cielo...* algunas de las nuevas ideas acerca de la astronomía "de tiempo real", que ahora se aplican en estudios sobre los códices mayas, e incluir por qué pensamos que los documentos del Altiplano Central contienen información astronómica precisa. Estos descubrimientos nos ayudan a seguir la pista de las raíces culturales comunes difundidas por toda Mesoamérica.

También el capítulo V sobre arquitectura y paisaje parecerá muy distinto. Nuestro conocimiento del espacio sagrado azteca, maya, zapoteca y teotihuacano ha mejorado no sólo por las investigaciones arqueológicas vinculadas directamente a él y con frecuencia impulsadas por cuestiones pertenecientes a la comprensión indígena del cosmos, sino asimismo por nuevas perspectivas aportadas por arqueólogos y disciplinas como la historia de la religión, campo que en realidad no había penetrado en el círculo astronómico de la investigación cuando se publicó el viejo *Observadores del cielo...* El concepto de *cosmovisión*, que incluye todos los enfoques del mundo que vinculan a la antigua astronomía con la religión, la economía, la política y la geografía sagrada, todavía no era apreciado cuando apareció el primer *Observadores...*

El capítulo V revisado también se enfoca en la actualización de muchos estudios señalados con anterioridad y en la presentación de una muestra de las investigaciones recientes más importantes. Trato de presentar estudios sobre orientación de sitios y construcciones tal como los adoptan ahora arqueólogos e historiadores de la cultura, además de que, en una importante reorganización de material, intento contrastar la astronomía practicada desde el cazador recolector hasta las civilizaciones de nivel estatal con la de la ciudad y el imperio. Finalmente, he agregado a este capítulo una sección que destaca el alcance mundial de la arqueoastronomía. Esta sección consiste en un resumen de algunas de las múltiples investigaciones arqueoastronómicas recientes

que han tenido lugar en todo el mundo, especialmente en la cuenca circunmediterránea. Abrigo la esperanza de que este agregado conduzca a una mejor síntesis comparativa del papel de la astronomía en la cultura.

Las metas del nuevo *Observadores del cielo...* siguen siendo las mismas de su predecesor. Está pensado como guía para el investigador de campo y como fuente de información para el maestro, el estudiante y el lector neófito pero educado en astronomía, antropología, historia de la ciencia e historia de la religión. Como antes, mi deseo es reunir todo el material pertinente en un solo lugar: un mercado o foro para el diálogo continuo sobre un tema fascinante. (En aras de ofrecer una vinculación más simple con la bibliografía publicada, he optado por conservar la escritura original de los términos mesoamericanos en lugar de emplear las ortografías actuales y siempre cambiantes adoptadas por gran parte de la comunidad de antropólogos.) El nuevo *Observadores del cielo...* fue escrito con el propósito de consolidar las relaciones y de ensanchar los canales de comunicación, de suerte que los mercaderes y vendedores que a estas alturas ya han comerciado un buen rato y están un tanto más familiarizados con los artículos disciplinarios de unos y otros puedan atreverse a intercambiar ideas aún más grandiosas.

LECTURAS SELECTAS ADICIONALES

I. Volúmenes de conferencias y colecciones de ensayos editadas sobre arqueoastronomía

- Aveni, A. (comp.) (1975), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin.
- (comp.) (1977), *Native American Astronomy*, University of Texas Press, Austin. (Traducción al español, 1980, *Astronomía en la América antigua*, Siglo XXI, México.)
- (comp.) (1982), *Archaeoastronomy in the New World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (comp.) (1988), *New directions in American archaeoastronomy*, Actas del 46° Congreso Internacional de Americanistas, British Archaeological Reports International Series S454, Amsterdam.
- (comp.) (1989), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (comp.) (1992), *The Sky in Mayan Literature*, Oxford University Press, Oxford.
- Aveni, A., y G. Brotherston, (comps.) (1983), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American computations of time*, British Archaeological Reports International Series S174.
- Aveni, A., y G. Urton, (comps.) (1982), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, Anales de la New York Academy of Sciences, vol. 385, Nueva York.

- Benson, A., y T. Hoskinson, (comps.) (1985), *Papers from the Northridge Conference*, Thousand Oaks, Calif., S'low Press.
- Broda, J., S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (1991), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, UNAM, México.
- Carlson, J., y J. Judge (comps.) (1987), *Astronomy and ceremony in the prehistoric Southwest*, Maxwell Museum of Anthropology Papers, núm. 2, Albuquerque.
- DeGreiff, J. Arias, y E. Reichel (1987), *Etnoastronomías americanas*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Heggie, D. (comp.), *Archaeoastronomy in the Old World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Iwaniszewski, S., A. Lebeuf, A. Wiercinski, y M. Ziolkowski (comps.) (1994), *Time and astronomy at the meeting of two worlds*, CESLA, Varsovia.
- Lincei (1995), *Archeologia e astronomia: esperienze prospettive future*, Atti dei Convegni Lincei, 121, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- Romano, G., y G. Traversari (comps.) (1991), *Colloquio internazionale archeologia e astronomia (Venice)*, G. Bretschneider, Roma.
- Ruggles, C. L. N. (comp.) (1988), *Records in Stone: Papers in memory of Alexander Thom*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (comp.) (1990), *Archaeoastronomy in the 1990's*, Loughborough, Inglaterra, Grupo D.
- Ruggles, C. L. N., y N. Saunders (comps.) (1993), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, Colo.
- Tichy, F. (comp.) (1982), *Symposium on space and time in the cosmovision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, W. Fink, Munich.
- Williamson, R. (comp.) (1981), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center of Archaeoastronomy, College Park, MD.
- Williamson, R., y C. Farrer (comps.) (1992), *Earth and sky: Visions of the cosmos in Native American folklore*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Ziolkowski, M., y R. Sadowski (comps.) (1989), *Time and calendars in the Inca empire*, British Archaeological Reports International Series S.479.

II. Textos y monografías generales que incorporan información sobre la arqueoastronomía mundial y regional

- Aveni, A. (1980), *Skywatchers of ancient Mexico*, University of Texas Press, Austin. (Traducción al español, 1991, *Observadores del cielo en el México Antiguo*, FCE, México.)

- Aveni, A. (1981), *Archaeoastronomy, Advances in archaeological method and theory*, 4: 1-77.
- (1989), *Empires of time: Calendars, clocks and cultures*, Basic, Nueva York, (Reimpreso en 1993 por Kodansha.)
- (1992), *Conversing with the planets: How science and myth invented the Cosmos*, Times Books, Nueva York. (Reimpreso en 1993 por Kodansha.)
- (1993), *Ancient astronomers*, Smithsonian, Washington, D. C.
- (1997), *Stairways to the stars: Skywatching in the great ancient cultures*, Wiley, Nueva York.
- Aveni, A., y H. Hartung (1986), "Maya city planning and the calendar", *Transactions of the American Philosophical Society*, 76 (7):1-79.
- Bauer, B., y D. Dearborn (1995), *Astronomy and empire in the ancient Andes*, University of Texas Press, Austin.
- Belmonte, J. et al. (1994), *Arqueoastronomía hispánica: Prácticas arqueoastronómicas en la prehistoria de la Península Ibérica y los archipiélagos Balear y Canaria*, Equipo Sirius, Madrid.
- Fabian, S. (1992), *Space time of the Boroto of Brazil*, University of Florida Press, Gainesville.
- Galindo, T. J. (1994), *Arqueoastronomía en la América antigua*, Equipo Sirius, Madrid.
- Griffin-Pierce, T. (1992), *Earth is my mother, sky is my father: Space, time and astronomy in Navajo sandpainting*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Krupp, E. C. (1983), *Echoes of the ancient skies: The astronomy of lost civilizations*, Harper & Row, Nueva York.
- (1997), *Skywatchers, shamans, and Kings*, Wiley, Nueva York.
- McDonald, J. (1988), *The arctic sky: Inuit astronomy, star lore and legenda*, Royal Ontario Museum, Toronto.
- Magaña, E. (1988), *Orión y la mujer Pléyades: Simbolismo astronómico de los indios kaliña de Surinam*, Foris, Dordrecht.
- McCleary, T. (1997), *The stars we know: Crow Indian astronomy and lifeways*, Waveland, Prospect Heights, Ill.
- McCluskey, S. (1998), *Astronomies and cultures in early medieval Europe*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Milbrath, S. (1999), *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*, University of Texas Press, Austin.
- Proverbio, E. (1989), *Archeoastronomia: Alla ricerca delle radici dell'astronomia preistorica*, Nicola Teti, Milán.
- Romano, G. (1992), *Archeoastronomia italiana*, CLEUP, Padua.

- Ruggles, C. L. N. (1999), *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven, Conn.
- Schlosser, W., y J. Cierny (1996) *Sterne und Steine: Eine praktische Astronomie der Vorzeit*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Urton, G. (1981), *At the crossroads of the earth and the sky: An Andean cosmology*, University of Texas Press, Austin.
- Williamson, R. (1984), *Living the sky: The cosmos of the American Indian*, Houghton Mifflin, Boston.

Artículos que abordan de manera específica la evaluación del método y de la teoría arqueoastronómica

- Aveni, A. (1986), "Archaeoastronomy: Past, present and future", *Sky and Telescope*, 72: 456-460.
- (1989), "Whither archaeoastronomy?", en Aveni A. (comp.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-12.
- (1992), "Nobody asked but I couldn't resist. A response to Keith Kintigh on archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 6: 1, 4.
- (1993), "Archaeoastronomy in the Americas since Oxford 2", en C. L. N. Ruggles (comp.), *Archaeoastronomy in the 1990's*, Loughborough, Inglaterra, Group D., pp. 15-32.
- Carlson, J., D. Dearborn, S. McCluskey, y C. L. N. Ruggles (1989), "Astronomy in culture", *Archaeoastronomy*, 14(1): 3-21.
- Kintigh, K. (1992), "I wasn't going to say anything, but since you asked: Archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 5: 1, 4.
- Ruggles, C. L. N. (1992), "Archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm 6: 1, 4.
- (1992), "Introduction: Archaeoastronomy — the way ahead", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 6: 1-12.
- Ruggles, C. L. N., y N. Saunders (1993), "The Study of cultural astronomy", en C. L. N. Ruggles y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, pp. 1-31. University Press of Colorado, Niwot, Colo.
- Williamson, R. (comp.) (1981), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md. (véase esp. Prefacio).

Como ejemplo de la manera en que la arqueoastronomía encuentra un lugar en los textos actuales de arqueología véase el capítulo sobre Monte Albán en:

Sabloff, J. (1989), *The cities of ancient Mexico: Reconstructing a lost world*, Thames and Hudson, Londres.

II. FUNDAMENTOS HISTÓRICOS, ETNOGRÁFICOS Y ETNOLÓGICOS¹ DE LA ASTRONOMÍA INDÍGENA AMERICANA

¿Quiénes fueron los constructores de estas ciudades americanas? No son obra de gente que dejó de existir y cuya historia se ha perdido, sino de las mismas razas que habitaban el país en la época de la Conquista española...

JOHN LLOYD STEPHENS (1843, 2: 307)

LAS CIVILIZACIONES DE LA ANTIGUA MESOAMÉRICA

El mundo occidental no se dio cuenta de la existencia de una civilización avanzada en América hasta que John Lloyd Stephens y Frederick Catherwood viajaron por América Central en 1839-1840. Juntos, el escritor y el artista produjeron dos series de volúmenes, *Incidents of Travel* (*Incidentes de viaje*, Stephens, 1841, 1843), que fueron revelaciones instantáneas tanto para el neófito como para el especialista. Con palabras e imágenes, Stephens demostró que los logros de los antiguos mayas en los campos del arte, la escultura, la arquitectura y la escritura estaban a la altura de las civilizaciones clásicas del mundo occidental. Como sugiere la cita que encabeza este capítulo, Stephens atribuyó correctamente todas estas realizaciones a una raza indígena de pueblos americanos.

Sujeto a considerable reinterpretación en el momento de escribir estas líneas, el testimonio arqueológico nos dice que Mesoamérica, región limitada al norte por el Trópico de Cáncer y que al sur se extiende hasta la frontera norte de Honduras, estuvo poblada originalmente por pueblos nómadas procedentes del Asia central que cruzaron el puente terrestre hacia Alaska a fines de la época del Pleistoceno, de 11 500 a 48 000 años atrás (Meltzer, 1993). Aquellos pueblos primitivos erraron de estación en estación, cazando y recolectando alimentos al desplazarse, pero hacia 2500-2000 a.C., periodo que los antropólogos llaman Formativo Temprano, se desarrollaron focos ais-

¹ La etnología trata principalmente de la descripción de las culturas contemporáneas y no de su historia; no incluye a la arqueología. La etnografía trata históricamente de las culturas y de las filiaciones entre sí. La etnohistoria es el estudio del desarrollo de las culturas; trata de interpretar los hallazgos arqueológicos por medio de materiales documentales. Aquí, me adhiero a una interpretación adquirida en mis discusiones con la antropóloga Victoria Bricker.

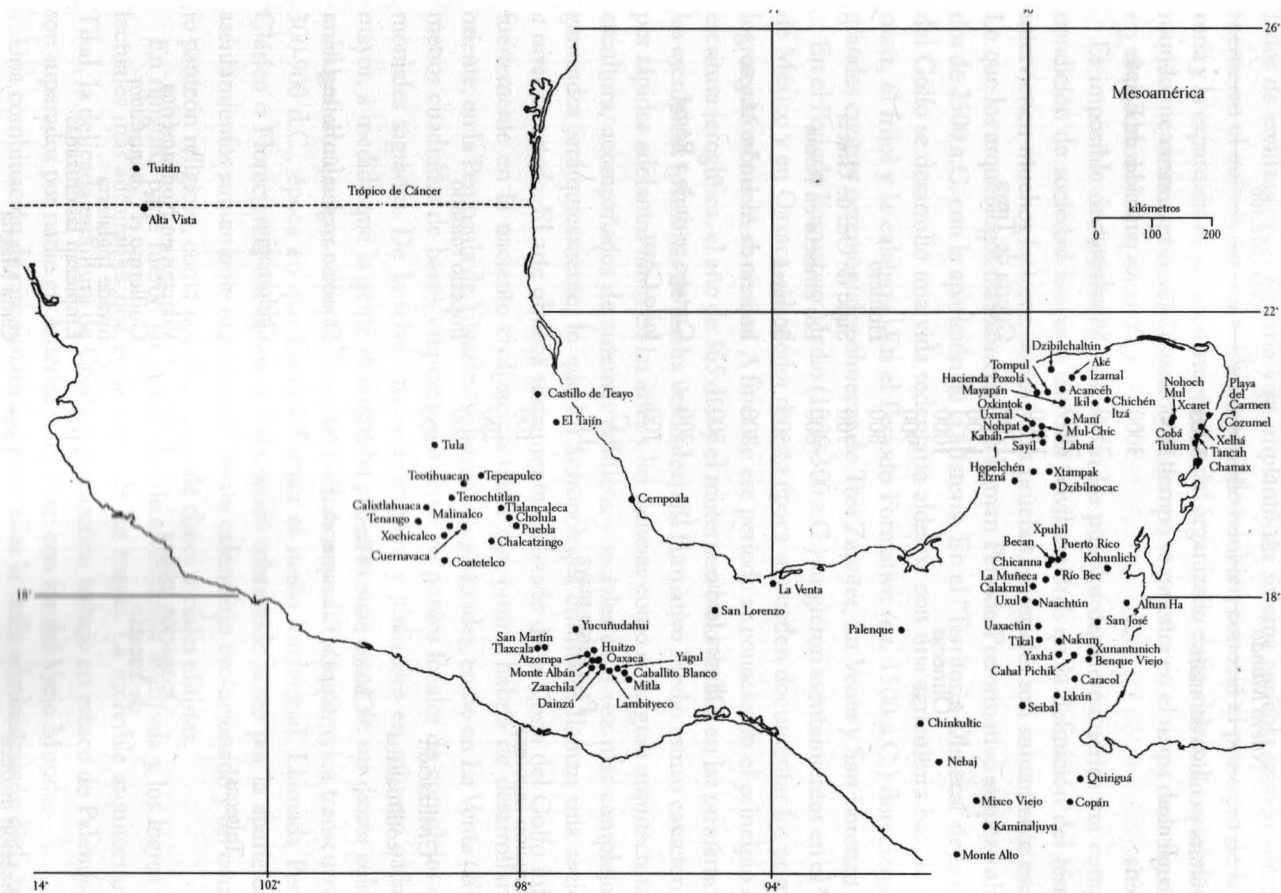


FIGURA 1. Mesoamérica. (Mapa de Julia Meyerson.)

CUADRO 1. *Cronologías del Viejo y Nuevo Mundos*

Nuevo Mundo		Viejo Mundo
Agricultura y cultivo del maíz	5000	
Asentamientos	3500	Civilización sumeria
Alfarería	3000	Primeras pirámides de Egipto
	2500	Stonehenge
	2000	
	1500	
	1200	Guerra de Troya
	1100	
Olmecas	1000	
	900	
	800	Homero
	700	Siglo de Oro de Grecia
	600	Los etruscos en Roma
	500	Sócrates
	400	Imperio de Alejandro Magno
Olmeca tardío	300	
	200	Cartago se rinde a Roma
	100	Julio César
	a.C.	
Preclásico maya	d.C.	
Civilización zapoteca	100	
	200	
	300	Imperio romano
Civilización teotihuacana	400	
Clásico maya (Tikal, Copán, Palenque, etc.)	500	
	600	Dominio anglosajón de Inglaterra
	700	
	800	Carlomagno
Toltecas	900	
Ocupación tolteca de Yucatán	1000	Vikingos en Norteamérica Guillermo el Conquistador invade Inglaterra
	1100	Empiezan las cruzadas
Civilización mixteca	1200	Carta Magna
	1300	Renacimiento en Europa
Aztecas	1400	Fin de las cruzadas Caída de Constantinopla
Conquista española	1500	Exploración española de América

lados de civilización sedentaria y se implantó un sistema agrícola basado principalmente en el cultivo del maíz. Dicho periodo también conoció el principio de la alfarería y la expansión de un esquema comercial organizado entre aldeas. La extensión del mundo mesoamericano en el espacio y el tiempo se muestra en el mapa de la figura 1 y en el cuadro 1.

Es imposible decir cuándo alcanzaron los pueblos de Mesoamérica esa compleja condición de sociedad humana llamada “civilización”: en la definición del término intervienen muchos factores; además, las pruebas materiales son sumamente escasas. Lo que los arqueólogos mesoamericanos llaman Periodo Preformativo empezó alrededor de 2500 a.C. con la aparición de la alfarería. En el “Territorio Olmeca” de la Costa del Golfo se desarrolló una vida sedentaria aldeana con una agricultura basada en el maíz, el frijol y la calabaza. En el Periodo Formativo (*ca.* 1500 a.C.) florecieron los grandes centros ceremoniales olmecas de Tres Zapotes, La Venta y San Lorenzo.

En el Periodo Formativo Medio (1000-300 a.C.) surgieron asentamientos en el Valle de México y en Oaxaca. Alrededor de esta época se pueden documentar los primeros logros astronómicos concretos. A fines de ese periodo se conocieron el principio de la escritura jeroglífica, el año de 365 días y el misterioso ciclo de 260 en las primeras estelas esculpidas (planchas de piedra verticales). El Formativo Medio estuvo caracterizado por rápidos adelantos tanto en las artes y las ciencias como en la gran arquitectura y la escultura, acompañados de sistemas políticos y sociales cada vez más complejos organizados jerárquicamente, lo que los antropólogos culturales llaman una sociedad *a nivel de estado*. El arte olmeca sumamente estilizado de la Costa del Golfo influyó fuertemente en la naciente civilización maya que pronto habría de desarrollarse al oriente, en la Península de Yucatán. Voluminosas pirámides, como en La Venta (20 000 metros cuadrados de base), empezaron a servir de puntos focales de complejos ceremoniales sagrados. De la selva surgieron templos y pirámides en número cada vez mayor, a medida que la gente se esforzaba por estar más cerca de sus dioses celestes.

El periodo de mayor desarrollo en las civilizaciones de Mesoamérica transcurrió en 300-900 d.C., época en que Europa dormía el sueño intelectual. Llamada Periodo Clásico o Floreciente, esa época se caracterizó sobre todo tanto por la aparición de asentamientos sumamente organizados, de un **calendario** evolucionado y un complejo panteón religioso, como por el ascenso de **clases sociales** elitistas.

En ninguna parte fueron las cualidades de civilización avanzada y los logros intelectuales más admirables que en la tierra de los **mayas**. La increíble arquitectura de Tikal, la delicada escultura de Copán y el exquisito **trabajo en estuco** de Palenque no son superados por nadie en América y rivalizan con **los del Viejo Mundo**.

Una combinación de circunstancias, entre ellas **la mala administración** de la tierra, una revolución popular y posiblemente un cambio **de clima** condujeron a una rápida

decadencia de esa cultura hacia el siglo x d.C. Sigue siendo un misterio por qué esa decadencia fue tan general y completa. Los mayas renunciaron a su obsesión de esculpir fechas calendáricas en estelas, hacer tumbas para sus reyes extintos y retocar continuamente sus grandes obras arquitectónicas. Regresaron a una existencia más simple. Cuando los invasores españoles llegaron a principios del siglo xvi, las aldeas nativas estaban en decadencia generalizada y en gran desunión, factor que complicó y prolongó la Conquista. Para Cortés fue fácil romper la cohesión de la jerarquía azteca gobernante de Tenochtitlan y sacar pronto ventaja. Pues fue proclamado como el dios Quetzalcóatl que según la profecía debía volver 20 años después. De ese modo, lo poco que quedaba de una de las grandes civilizaciones del mundo fue transformado casi totalmente en menos de una generación.

Al final de este capítulo se citan excelentes compendios históricos de las civilizaciones de América. Los lectores que se valgan de los antecedentes históricos generales contenidos en ellos entenderán mejor cómo encajan las realizaciones astronómicas de esos pueblos antiguos en su cultura total.

CRONISTAS Y CÓDICES

Escribiendo poco después de la Conquista, Diego de Landa, primer obispo de Yucatán, cuenta con orgullo la triste historia del destino que tuvo la herencia escrita de los antiguos mayas. Habla el fraile de una gran quema de libros que tuvo lugar en la ciudad yucateca de Maní: "Hallámosles gran número de libros de estas sus letras [jeroglíficos]. Y porque no tenían cosa en que no hubiese superstición ni falsedades del demonio, se los quemamos todos, lo cual sintieron a maravilla y les dio mucha pena" (1941, p. 169).

El cronista Juan de Acosta también menciona los libros mayas y lo que ocurrió con ellos:

En la provincia de Yucatán, donde es el obispado que llaman de Honduras, había unos libros de hojas a su modo, encuadrados o plegados, en que tenían los indios sabios la distribución de sus tiempos, y conocimiento de plantas y animales, y otras cosas naturales, y sus antiguallas, cosa de grande curiosidad y diligencia. Parecióle a un doctrinero que todo aquello debía de ser hechizos y arte mágica, y porfió que se habían de quemar, y quemáronse aquellos libros, lo cual sintieron después no sólo los indios sino españoles curiosos, que deseaban saber secretos de aquella tierra [1500, lib. vi, p. 6 (1985, p. 288)].

En la actualidad sólo existen fragmentos de cuatro manuscritos mayas originales o “códices”, como al parecer se les llamó equivocadamente (el de *Dresde*, el *París* [*Pere-siano*], el *Madrid* [*Tro-Cortesiano*] y el *Grolier*). Pintados cuidadosamente en papel de corteza y presentados como un documento plegado a manera de biombo, sus textos y sus dibujos contienen gran cantidad de información vinculada al firmamento: almanaques lunares y solares, e incluso una efemérides de Venus utilizable durante más de 100 años. Aunque aún subsistan otros códices más del Altiplano Central, la mayor parte de los documentos escritos mesoamericanos se han perdido o fueron destruidos. En muchos casos debemos confiar en lo que dicen los historiadores del periodo posterior a la Conquista, de muchos de los cuales desearíamos que hubieran registrado sus observaciones con mayor esmero. (Véase una exposición detenida del contenido astronómico de los códices en el capítulo iv.)

La figura 2, tomada del *Códice de Madrid*, documento maya escrito poco antes de la Conquista, refleja el papel central de la astronomía entre las civilizaciones de Mesoamérica. Allí se ve a un astrónomo que observa las estrellas. Sentado en su puesto de observación parece arrancarlas del cielo con sus ojos saltados. El astrónomo está rodeado de jeroglíficos y números mayas presumiblemente vinculados a sus secretos astronómicos.

Observar el firmamento parece haber sido una ocupación frecuente entre los nobles. Un siglo después de la Conquista, el historiador español Torquemada escribe de los estudios astronómicos de Netzahualpilli, rey de Texcoco:

Dicen, que fue grande Astrologo, y que se preciaba de entender los movimientos de los Astros Celeste; y con esta inclinación, que a estas cosas tenía, hacía inquisición por todas partes de sus Reinos, de todos los que sabían de esto, y los traía a su Corte, y comunicaba con ellos todo lo que sabía, y de Noche se subía a las azoteas de su Palacio, y desde allí consideraba las Estrellas, y arguía con todos lo que de ellas dificultaban [1969, vol. I, lib. 2, cap. 44, p. 188].

Y a continuación Torquemada nos hace sufrir con una afirmación redactada medio-crememente acerca de los métodos de observación de los astrónomos (que él evidentemente no entendía):

Al menos, Yo se decir, aver visto un lugar, en sus Casas, encima de las azoteas, de quatro paredes, no más altas, que una vara, ni más ancho el lugar, que lo que puede ocupar un Hombre acostado, y en cada esquina tenía un hoyo, o agujero, donde se ponía una Hasta, en las cuales colgaban un cielo. Y preguntando Yo, que de qué servía aquel Quadro? Me respondió un Nieto suio (que me iba mostrando la Casa) que era del Señor Nezahualpilli, para quando de Noche iba con sus Astrologos a considerarlos Cielos, y sus Estrellas; de donde inferi ser verdad esto, que de El sedice; y pienso, que el estar levantadas las paredes una vara deel suelo,

y tener puesto Cielo de Algodón, o Seda, pendiente de las varas, debía de ser para mejor tantear el curso Celeste... [1969, vol. I, lib. 2, cap. 44, p. 188].

El episodio del gran cometa, que según se contaba había anunciado la caída de los aztecas, nos ofrece otra prueba de la profunda atención con que Netzahualpilli observaba el firmamento (figura 3). El cronista fray Diego Durán nos dice que, habiendo



FIGURA 2. Un astrónomo en el Códice de Madrid. (Cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.)

observado el cometa desde la medianoche, Moctezuma fue al día siguiente a ver a Netzahualpilli para saber su significado. Respondió el rey de Texcoco:

Por cierto, señor, grande ha sido el descuido de tus vasallos los astrólogos y agoreros y adivinos, pues, siendo ya tan vieja y tan antigua esa señal en el cielo, me digas ahora eso como de cosa nueva, porque yo creí que ya estabas satisfecho y te lo habían declarado tus astrólogos. Pero, pues dices que ahora la viste, has de saber que ya ha muchos días que apareció esa estrella con ese resplandor [Durán, 1964, pp. 247-248].

Y Netzahualpilli pasa a dar detalles de los terribles augurios sobre lo que poco después ocurrirá al desdichado monarca.

A partir de estas declaraciones acerca de sus astrónomos, es difícil captar el punto de vista cosmológico sustentado por esos antiguos observadores del firmamento mexicano. Por la lectura de otros autores sabemos que los sacerdotes mesoamericanos concebían un universo hecho de capas, cada una de las cuales contenía una categoría de cuerpo celeste (figura 4). La Luna describía su trayectoria en el cielo arriba de la capa de la Tierra. Sobre ella se desplazaban las nubes, las estrellas, Venus, los cometas y así sucesivamente, en tanto que el dios creador varón-hembra ocupaba la última, la décima tercera capa. (Una palabra de advertencia: dado que este diagrama apareció des-

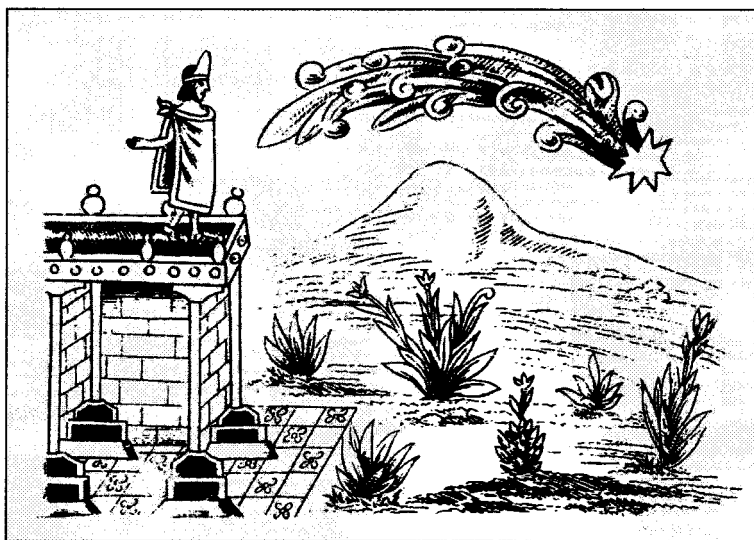


FIGURA 3. Se contaba que un gran cometa había predicho la caída del imperio de Moctezuma. (Durán, 1951, figura 24, cortesía de Editora Nacional, S. A.)

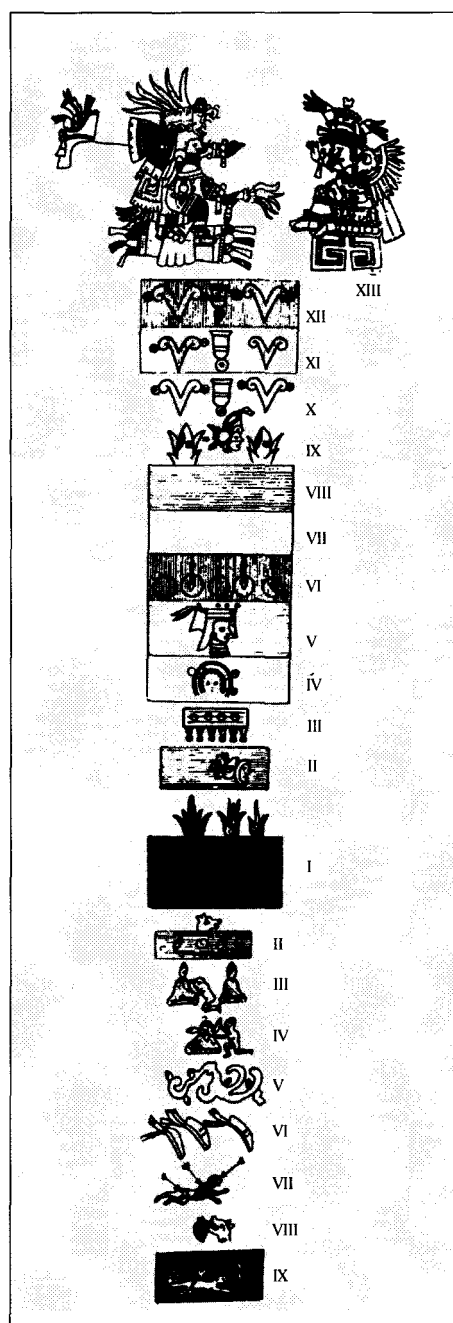


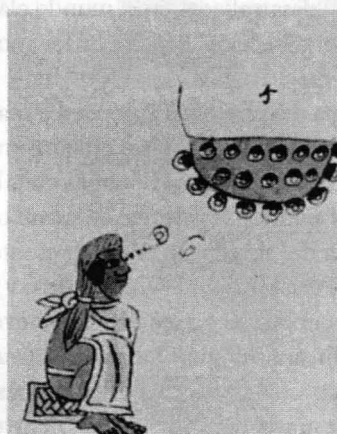
FIGURA 4. Todo el espacio está formado por capas en el concepto mesoamericano del universo, nueve de ellas en el inframundo y 13 en el cielo, contándose a la Tierra (I) en uno y otro. El Sol (IV) y la Luna (II), Venus (V) y la constelación de Perforador o Palos para el Fuego, probablemente nuestro Cinturón de Orión (VI), —Mamalhualtli; véanse la figuras 10 y 12— son suficientemente importantes para ocupar un nivel propio. Tomado del Códice Vaticano. (Cortesía de Akademische Druck-u. Verlaganstalt, Graz.)

pués de la Conquista, bien podría contener algunas adopciones del Renacimiento.) Si se cuenta a la Tierra como la primera de ellas, el inframundo consistía de nuevas divisiones colocadas de manera ordenada por debajo de ella. Esta visión contrasta radicalmente con las concepciones orbitales geocéntricas (en donde el centro es la Tierra) y heliocéntrica del universo (en donde el centro es el Sol) desarrolladas en el mundo clásico occidental, en gran parte como resultado de la predilección griega por los modelos geométricos.

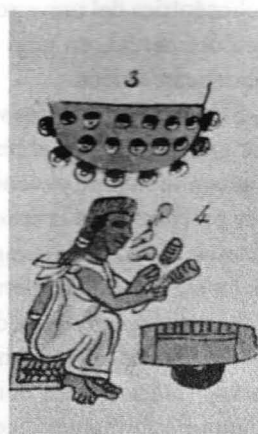
Si bien al lugar de los seres humanos en la cosmología de estratos se le concedía mayor importancia que al resto del sistema (la Tierra se cuenta dos veces), sin embargo ni siquiera se sugiere el concepto de la Tierra como centro del universo. El tema orbital, que predomina en la astronomía del mundo clásico, ni siquiera se insinúa; en cambio, el tema básico de la imagen es la estructura jerárquica del sistema, también presente en los esquemas precopernicanos de la organización universal (Aveni, 1992a, capítulo v).

La actual cosmología de los lacandones, que se encuentran entre los pocos sobrevivientes de los antiguos mayas de la Tierras Bajas, con una religión todavía relativamente intacta, evoca con claridad ese concepto de un universo formado por capas. Algunos informantes dicen que arriba de los diversos estratos del firmamento, ocupados por varios miembros del panteón maya, hay tres zonas distintas asignadas al Sol, a la Luna y las estrellas (McGee y Reilly, 1997).

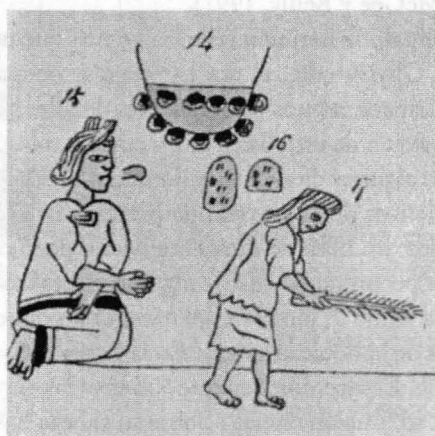
Lo dicho sobre Netzahualpilli también refleja algo más que un interés ocasional por los fenómenos celestes. Obviamente, el rey astrólogo se ocupaba de una especie de medición celeste. Torquemada no nos da suficientes detalles que arrojen luz sobre la metodología para la medición de estrellas. Pero si consultamos los códices del Altiplano Central encontramos algunos dibujos que iluminan nuestro entendimiento acerca de las técnicas y los objetivos de la astronomía práctica en Mesoamérica. El *Códice Mendocino* o *de Mendoza*, un libro de imágenes hecho poco después de la Conquista, nos habla de varios aspectos de la vida de algunos miembros de la nobleza azteca. Los dibujos *a*, *b* y *c* de la figura 5, tomados del *Mendoza*, contienen títulos escritos en español por inquisidores de la nobleza azteca. En la figura 5a nos enteramos del papel primordial del astrónomo. El sacerdote sedente “observa las estrellas por la noche para saber la hora, siendo ésa su función oficial”. Sobre su cabeza cuelga un universo invertido tachonado de estrellas, que simbolizan unos ojos entornados. En la figura 5b, que en el *Mendoza* aparece junto a 5a, otro sacerdote toca el teponaztli (un tambor de madera) para anunciar la hora de la noche, determinada mediante observaciones del primer sacerdote. La figura 5c informa al lector que la hora de la noche se considera adecuada para la realización de una función agrícola determinada. Estos dibujos destacan el papel utilitario de la observación nocturna del firmamento. En Mesoamérica no hay indicios del uso de relojes de agua ni de ningún otro dispositivo mecánico para



a



b



c

FIGURA 5. La cronología fue una de las primeras obligaciones impuestas a los astrónomos del Nuevo Mundo. Estos dibujos tomados del Códice de Mendoza (Mendocino) muestran el papel de las observaciones nocturnas en el cómputo del tiempo. (Kingsborough, 1831.)

medir el tiempo. Con sus puntos clave demarcados por la observación directa, los ciclos celestes parecen haber bastado para marcar su paso.

Algunos códices son más explícitos. Otra serie de imágenes sugiere que ciertos templos, y en particular sus puertas, servían de puestos de observación de los fenómenos astronómicos en el horizonte local (figura 6). En 1906, la antropóloga Zelia Nuttall sugirió por primera ocasión que el par de varas cruzadas tan prominentes en muchos de los códices puede haber funcionado como dispositivo de observación. En la figura 6a tomada del *Códice de Bodley* vemos a un sacerdote apostado en una habitación dentro de su templo. Atisba por el quicio de la puerta y por encima de un par de varas cruzadas, como para fijar el lugar de un fenómeno astronómico en el horizonte. El exterior de su templo está cuajado de símbolos de estrellas, lo cual nos hace pensar que éste puede haber funcionado como observatorio astronómico. ¿Son realmente las varas cruzadas un dispositivo de medición? ¿Qué fenómeno se observa en el horizonte? ¿Tiene el templo estrellado alguna orientación especial hacia el objeto en el horizonte?

Valiéndose de un par de varas cruzadas, una como mira o visual delantera y otra como alza o retrovisual, cualquier observador puede determinar la posición de un objeto cercano al horizonte con gran precisión, tal como veremos en el capítulo III. Las varas podrían colocarse en posiciones fijas para registrar la posición de un cuerpo astronómico. Cuando el cuerpo volvía a su posición en el punto creado por las varas cruzadas, el astrónomo podía determinar la longitud de su ciclo. Tal vez algún detalle prominente del paisaje funcionaba como punto de mira natural. En ambos casos, el edificio del observatorio de preferencia tendría que haberse orientado de modo que quedara frente a aquella parte del paisaje en que se producía el fenómeno.

No tenemos manera de saber si las varas eran verdaderos dispositivos de observación capaces de dar mediciones angulares de, por ejemplo, la separación de un par de cuerpos celestiales o si funcionaban como guía para que el observador realizara una operación ritual vinculada al objeto en cuestión. Sabemos que la observación del orto y del ocaso de algunos cuerpos celestes era de suma importancia en Mesoamérica. Como son fenómenos que se producen a lo largo del horizonte, podemos establecer una sólida relación entre nuestra astronomía hipotética y los fenómenos reales que en aquél ocurren.

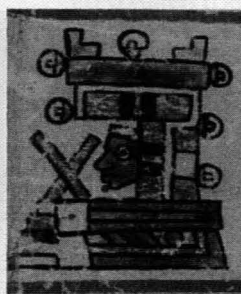
La historiadora del arte Mary Elizabeth Smith (1973a, y 1973b) ha estudiado los “signos de lugar” en los códices mixtecos. Estos libros también hablan de las aventuras y hazañas de los miembros de la nobleza. Con frecuencia confrontan lugares de culto en que existen templos astronómicos. Smith concluye que el “lugar de observación” a que se alude en el *Códice de Bodley* estaba situado en la ciudad de Tlaxiaco. El símbolo de ojo y vara es equivalente al nombre mixteco de esta ciudad, que en los diccionarios antiguos aparece como *ndisi nuu*, lo cual puede traducirse como “visto claramente” o “claramente visible”, en obvia referencia a la localización del observatorio.

Como un apoyo más a esta idea, Smith cita la página 2 del *Códice Muro*, en donde se muestra una figura sedente en un templo, señalada por su nombre de día calendárico en el calendario de 260 días. Arriba del nombre aparece un signo formado por un ojo dentro de una llama que sale de un cuenco (figura 6g). El comentario mixteco que acompaña al dibujo indica que el nombre de la persona incluye la frase *ndisi nuu*. El motivo del ojo que aparece en el *Muro* es idéntico al ojo que se ve entre dos varas cruzadas en el signo de “observatorio”, de suerte que “observatorio” quizá sea el signo de *ndisi nuu* o Tlaxiaco. Por otra parte, el arqueólogo Maarten Jansen ha llegado a la conclusión de que “visto claramente” es sólo el nombre mixteco de Tlaxiaco y no implica nada acerca de las varas cruzadas como instrumento astronómico (Jansen y Aurora P., 1983).

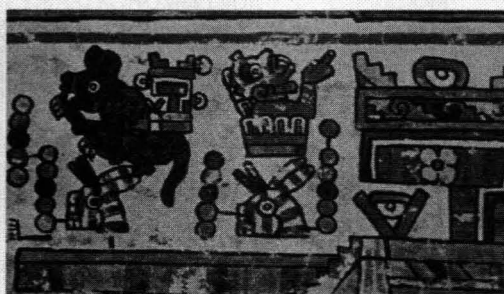
El curioso simbolismo de ojo y vara se repite en otros dibujos de la figura 6, que fueron tomados de varios códices. En 6b el ojo está puesto sobre la vara y el observatorio se reproduce de nuevo en miniatura sobre el lomo del animal de la izquierda, mientras que en 6c, tomado también del *Bodley*, aparece un ojo en el quicio de una puerta, a la derecha de la cual se ve un ojo invertido dentro del ángulo de un par de varas cruzadas invertidas. Aquí, de acuerdo con Alfonso Caso (1960), el hombre 3 Perro, hijo de 4 Casa y 5 Casa (sus nombres calendáricos pueden verse junto a sus cuerpos) viaja hacia el cerro de la serpiente, representado por la construcción con el ojo en el centro. Pero no se hace mención de las varas cruzadas invertidas. En 6d el ojo y las varas cruzadas se ubican detrás de uno de los personajes.

Como los juegos de pelota mesoamericanos tenían importancia tanto ceremonial como astronómica, es posible que el “tlachtli-instrumento astronómico” (instrumento de juego de pelota) identificado por Caso en la figura 6d fue usado para orientar la estructura. Alternativamente, la intención puede haber sido vincular el nombre de lugar de Tlaxiaco con el juego de pelota. Ciertamente, el magnífico juego de pelota de Xochicalco está orientado a unos cuantos minutos de arco de la dirección este-oeste. Aquí, el Sol sale y se pone en los equinoccios cuando los días y las noches son de igual duración. El juego de pelota ceremonial es bien conocido por cualquier visitante a las ruinas de Copán, Chichén Itzá o Monte Albán. La dura pelota de hule (caucho), llevada para uno y otro lado del terreno, simbolizaba el movimiento cíclico de los luminare celestes. Como hemos de ver posteriormente, al juego también se le representaba como juego de pelota celeste en forma de constelación. En la figura 6e el astrónomo (¿o se trata del hombre procedente de Tlaxiaco?) usa el signo de su oficio a manera de tocado.

La figura 6f está tomada de una sección del *Lienzo de Zacatepec* (núm. 1), una manta de algodón tejida ilustrada con tinta negra que se encontró en la población de Santa María Zacatepec, Oaxaca (véase Smith, 1973a, capítulo 7). Esta vez toda la cabeza de un hombre está colocada en el cruce de un par de varas que forman una “X”.



a



b



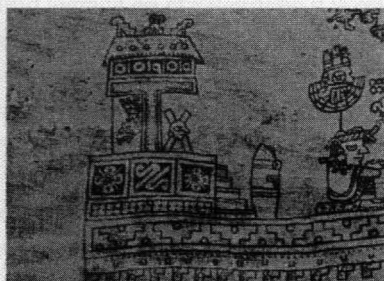
c



d



e



f



g

FIGURA 6. En los códices sobre corteza, Bodley, Selden y Muro, tanto como en el Lienzo de Zacatepec núm. 1 se representan dispositivos de observación de varas cruzadas posiblemente usados por antiguos astrónomos mesoamericanos. (a-f, cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.; g, dibujo de M. E. Smith, © 1973, University of Oklahoma Press.)



a



b



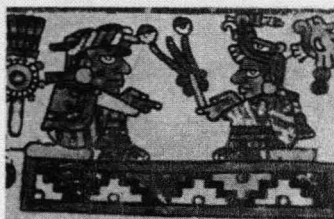
c



d



e



f



g



h

FIGURA 7. Otros métodos de observación sugeridos en los códices Bodley y Selden: el símbolo de las piernas cruzadas y un instrumento de puntos con estrellas posadas en él. (Cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.)

Los dibujos de la figura 7 remiten a otros posibles esquemas y dispositivos de observación. En los primeros cuatro de ellos, un par de piernas cruzadas parece funcionar de la misma manera que las varas. (Como hemos de ver en nuestra presentación del calendario maya en el capítulo iv, el jeroglífico de las piernas cruzadas ejerce una función al delinear el tiempo en su cosmología.) En 7c el signo de rodilla aparece en el mismo tipo de templo (estelar), como el que albergaba al sacerdote con las varas en la figura 6a. Smith (1973a) dice que la palabra *dzichi*, cuyo significado es “piernas”, se sustituye por el homónimo *ndisi* en el nombre de Tlaxiaco, en tanto que Nuttall (1906) sugiere que las estrellas literalmente se observaban por encima de las piernas desde una posición reclinada, en ciertas ocasiones rituales. En el dibujo 7d aparecen tanto las piernas como las varas cruzadas. De 7e a 7h los sacerdotes sostienen cetros en las manos, con estrellas en las puntas o en alguna posición intermedia.

Estas referencias tanto al simbolismo de ojo y vara como al que le es afín constituyen todos los datos concernientes a la instrumentación astronómica mesoamericana. No se han conservado artefactos de medición y son pocos los testimonios etnohistóricos en que se alude sustancialmente a la práctica de la medición. Es preciso aceptar el hecho de que en Mesoamérica toda exactitud lograda en el calendario y la orientación de las construcciones se logró sin el concurso de instrumentos calibrados. Sin embargo, como quedará claro en capítulos subsiguientes, es posible alcanzar una gran precisión sin haber avanzado mucho por el camino de la tecnología.

En muchos puntos del *Códice de Bodley*, aunque la leyenda diga que, en el edificio o los edificios llamados “observatorios”, se realizaban ofrendas y sacrificios, nunca se nos dice lo que se está observando. Pero podemos buscar posibles claves en otros dibujos de templos estelares del *Códice de Viena*. En la figura 8a se observa una sola estrella en el portal de un templo que aparece sobre la cima de una montaña. En el *Códice de Viena* (o *Vindobonensis*) este dibujo con frecuencia aparece junto a otros tres templos que aluden a los puntos cardinales, de los que el presente ejemplo representa al este, que puede haberse determinado observando en esta dirección la aparición de una estrella específica. M. E. Smith (1973b, p. 84) cita glosas de códices mixtecos que se refieren a observaciones del horizonte, por ejemplo, “el horizonte con las Pléyades en el cenit” (*tnono* = horizonte; *yucu* = Pléyades; *dzini* = cenit). En la figura 8b la referencia celeste parece ser una constelación particular, una configuración curva que semeja la cola de una serpiente. Escribiendo poco después de la Conquista, Bernardino de Sahagún (1953), misionero español del siglo xvi, habla específicamente de una constelación que tiene esa forma en el Libro 7 de su *Historia general de las cosas de Nueva España* (conocida comúnmente como *Códice Florentino*). La llama constelación de Escorpión (véase figura 10a, abajo a la izquierda).

Las figuras 8c, d y e se refieren al Sol. J. L. Furst (1978) hace una excelente y cabal

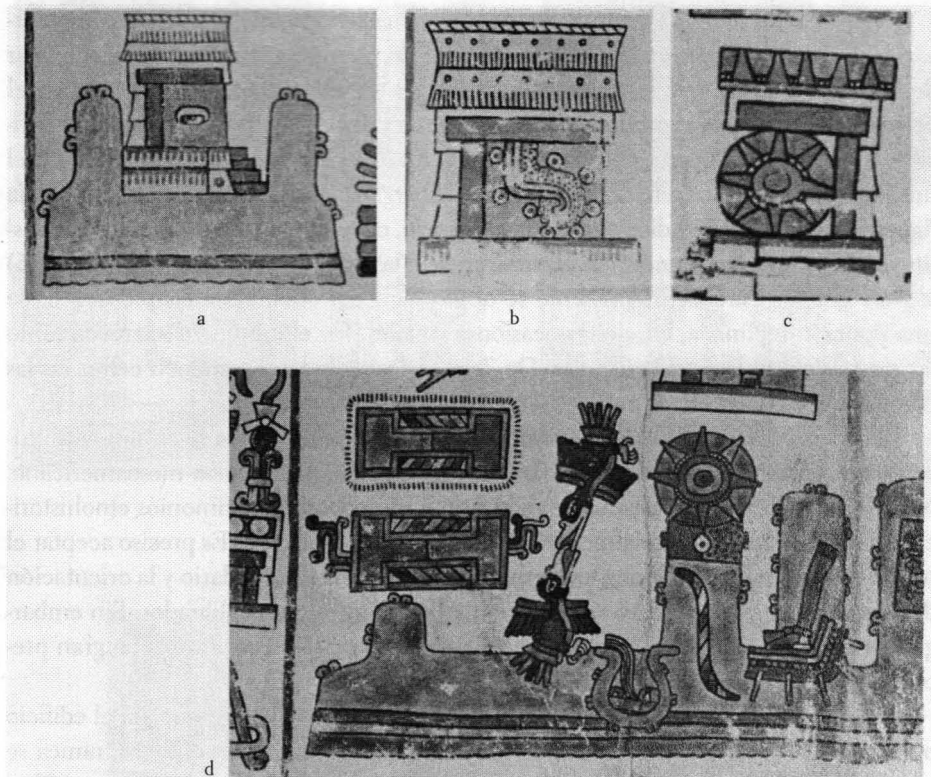
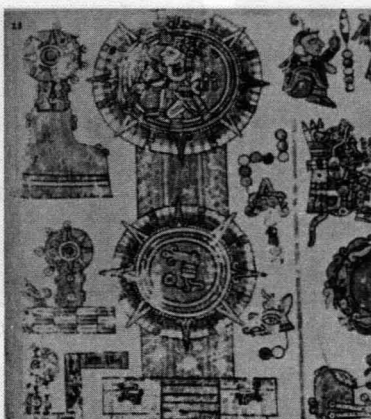
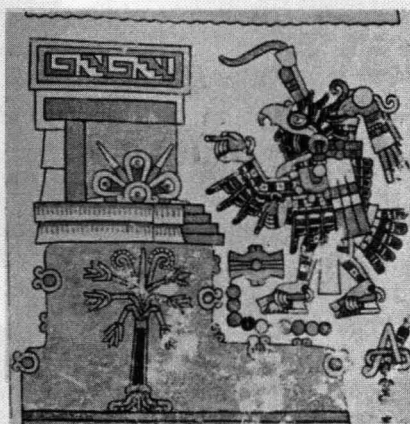


FIGURA 8. Cuerpos astronómicos específicos que aparecen en el Códice de Viena: a) estrella, b) Cola de Serpiente (¿constelación?), c)-e) Sol, f)-g) Venus. (Cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.)

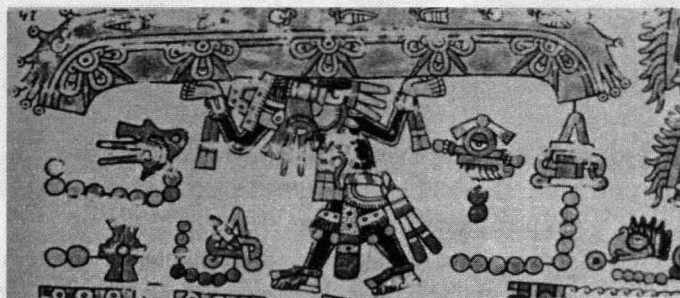
interpretación de los fenómenos solares en el contexto mítico en que aparecen en el *Códice de Viena*. En 8c vemos el Sol naciente en la entrada del Templo del Sol. Los lugares en que sale el astro y los sacrificios practicados allí se representan en 8d. En este caso, el Sol aparece sobre la cima de una montaña, en tanto que 8e muestra el disco solar en la parte superior del dibujo, con la imagen solar personificada por el guerrero Tonatiuh, quien porta flechas en las manos. Esto significa que el Sol es también un guerrero celestial que, tras aparecer por el oriente, arroja sus flechas o rayos de luz a las estrellas, poniendo fin así a la noche y estableciendo el día. El disco inferior muestra en el centro el día 1 Flor del calendario mexicano, identificando al Sol con un dios de mayor edad. De este modo se muestra al Sol dos veces: en la parte superior de joven, cuando nace al este y, en la parte inferior, cuando es viejo y muere al oeste. En ambas



e



f



g

representaciones, a la izquierda del dibujo, el día y la noche se muestran de la misma manera, aunque invertida, sobre el símbolo del disco solar. En la parte inferior izquierda, un camino dividido en cuartos significa la trayectoria del Sol por las cuatro partes del cielo. Acaso valga la pena señalar que, en los dos últimos casos, el Sol se vincula a un lugar en el horizonte a saber: la cima de una montaña. El tema de la luz y las sombras de este dibujo también se ha interpretado como imagen de un eclipse (D. Kelley, comunicación personal).

Caso (1950) cree que el objeto celeste mostrado en las figuras 8f y 8g es Venus, lo cual parece lógico en el último dibujo, puesto que Quetzalcóatl, el dios de Venus, aparece portando sobre los hombros un cielo cuajado de estos símbolos. Un símbolo similar aparece también en las pinturas murales de Cacaxtla, en donde se le ha identificado firmemente con ese planeta (Carlson, 1991).

No debe sorprendernos encontrar en los códices precolombinos alusiones a Venus, pero también las hay en documentos posteriores a la Conquista, entre ellos la *Historia general...* de Sahagún. De todos los cuerpos celestiales observados por los mesoamericanos, Venus se hallaba entre los de mayor importancia. Llamado Estrella Grande o Antigua y Señor del Alba, “sale con toda su claridad, y procede por su curso, y dicen de su luz que parece a la de la luna”, dice Sahagún (1953, pp. 11-12). “Cuando salía se sacrificaban cautivos para que pudiera alimentarse. Rociaban sangre hacia él, sacudiendo el cordial desde el pulgar; arrojan la sangre como una ofrenda” (p. 12). El fraile agustino J. Román y Zamora dice de los mexicanos del Altiplano Central que “tan gran cuenta tenían con el día que aparecía y quando se escondía que nunca erravan” (Seler, 1904c, p. 358).

Esta supuesta precisión venusina se revela en las páginas 46-50 del *Códice de Dresde* maya, que ofrece un registro completo de las apariciones de Venus como estrella matutina y vespertina por más de un tercio de siglo. Esas páginas, que son un tanto más abstractas y complejas que los dibujos presentados en este capítulo, se analizarán con cierto detenimiento en el capítulo IV que versa sobre el calendario mesoamericano, pero a juzgar por el texto jeroglífico que las acompaña, la reaparición de Venus en diferentes cuartos tras una prolongada ausencia tenía varias connotaciones malignas para el pueblo de Yucatán. Sahagún (1953) nos dice que, cuando salía la estrella de la mañana, la gente tapaba sus chimeneas a modo de que ningún daño derivado de su luz pudiera entrar en sus casas. Es obvio que les interesaba profundamente dónde y cuándo podía aparecer Venus para cambiar su suerte.

En la figura 9 los dibujos del código se refieren a otros fenómenos celestes de importancia en Mesoamérica. La figura 9a representa el gran eclipse solar de 1496 d.C. (ocurrido el 8 de agosto), que fue total en el Altiplano Central. Este eclipse se dibuja como si tuviera lugar en el horizonte, representación literal de lo que realmente ocurrió, pues los cálculos demuestran que aquella tarde, poco después de concluir el eclipse, el Sol desapareció sobre el horizonte occidental de Tenochtitlan (Aveni y Calnek, 1999). Otro eclipse solar, el de 1531 d.C., se representa en la figura 9b.

Sahagún enfoca el sentimiento de temor que experimentaron los aztecas al presenciar el dramático hecho de un eclipse total de Sol:

Cuando se eclipsa el sol párase colorado, parece que se desasosiega o se turba el sol, o se remece, o revuelve, y amarillécese mucho. Cuando [esto] ve la gente se alborota y tómales gran temor, y luego las mujeres lloran a voces y alaridos, y luego buscaban hombres de cabellos blancos y caras blancas, y los sacrificaban al sol.

Y también sacrificaban cautivos, y se untaban con la sangre de las orejas; y también agujeraban las orejas con puntas de maguey y pasaban mimbres, o cosa semejante, por las orejas,

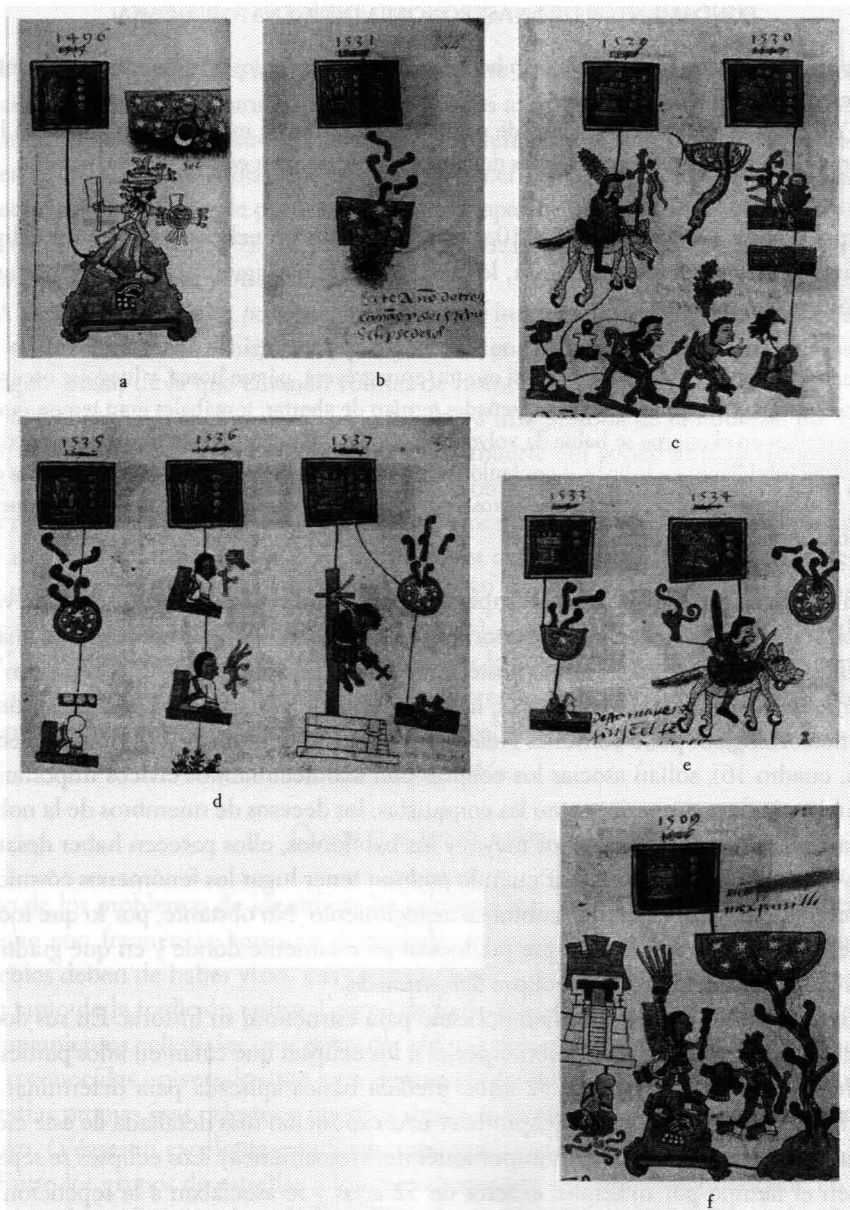


FIGURA 9. Testimonios astronómicos adicionales contenidos en el Códice Telleriano-Remensis. Nótese el toque hispánico de algunos de los dibujos en comparación con los dibujos anteriores a la Conquista de la figura 7. (Cortesía de la Bibliothèque Nationale de France, París.)

por los agujeros que las puntas habían hecho, y luego por todos los templos cantaban y tañían, haciendo gran ruido.

Y decían, si del todo se acababa de eclipsar el sol: “¡nunca más alumbrará, ponerse han perpetuas tinieblas y descenderán los demonios y vendránnos a comer!” [1953, p. 12].

En el *Códice Florentino* (figura 10a) se representan un eclipse de Sol y un eclipse de Luna. De acuerdo con Sahagún, los aztecas se sentían igualmente temerosos ante este último fenómeno:

Cuando la luna se eclipsa parece casi oscura, ennegrecese, párase hosca, y luego se oscurece la tierra; cuando esto acontecía las preñadas temían de abortar, tomábales gran temor, que lo que tenían en el cuerpo se había de volver ratón; y para remedio de esto tomaban un pedazo de *itzli* [obsidiana] en la boca, o poníanlo en la cintura sobre el vientre, para que los niños que en el vientre estaban no saliesen sin bezos o sin narices, o boquituelos, o bizcos, o para que no naciesen monstruos [1953, pp. 8-10].

Lo que Sahagún consideraba las supersticiones de presenciar un eclipse era de vital importancia para los aztecas, pues éstos los registraban meticulosamente en sus anales de computación del año continuo posteriores a la Conquista (figura 9). Como con los terremotos, las erupciones volcánicas, la aurora boreal, la luz zodiacal y otros fenómenos meteorológicos poco comunes (véase una lista representativa en Quiñones Keber, 1996, cuadro 16), solían asociar los eclipses con acontecimientos cívicos importantes en la historia de su imperio, como las conquistas, los decesos de miembros de la nobleza y así sucesivamente. Como los mayas y los babilonios, ellos parecen haber desarrollado la capacidad de determinar cuándo *podrían* tener lugar los fenómenos cósmicos, por lo cual estaban prevenidos contra su acaecimiento. No obstante, por lo que toca a los eclipses no hay indicios de que predijesen precisamente dónde y en qué grado de totalidad habría de ocurrir un eclipse determinado.

Los astrónomos aztecas se valían del cielo para estructurar su historia. En sus documentos escritos prestaban atención especial a los eclipses que caían en años particulares de su ciclo cronológico de 52 años, medida básica aplicada para determinar las Edades del Mundo (véase en el capítulo IV una exposición más detallada de este ciclo, que se encontraba entre los más importantes de Mesoamérica). Los eclipses se separaban en el tiempo por múltiplos enteros de 52 años y se asociaban a la repetición de acaecimientos semejantes en la historia azteca, como las conquistas y los ascensos al poder (Umberger, 1981; Aveni y Calnek, 1999). Hay indicios de que los aztecas calculaban la fundación de su imperio por un eclipse que tuvo lugar cerca del equinoccio de primavera de 1325. Es más, vinculaban este hecho con un eclipse equinoccial ocurrido

más de un milenio atrás, a fin de demostrar que la fundación del Imperio azteca se arraigaba en acaecimientos cósmicos vinculados al establecimiento de las Edades del Mundo. En efecto, los astrónomos aztecas, evidentemente muy capaces de remontarse en el cálculo de aquellos fenómenos, al parecer venían destacando eclipses visibles selectos como “marcas de puntuación” que agrupaban sucesos históricos reales y míticos (Aveni y Calnek, 1999). De vez en cuando, los mayas hacían otro tanto con las conjunciones planetarias y otros acontecimientos.

A los cometas (*citlalin popoca* o “estrellas que humean”) se les muestra con frecuencia en los documentos históricos que aún existen, habitualmente por medio de una imagen estelar de la que emanan volutas de humo sobre fondo azul, como en la figura 9c. Los cometas suelen significar que morirá una persona de la nobleza; por ejemplo, es probable que el dibujo 9c hable de la muerte del gobernante de Tenochtitlan tras la aparición de un cometa; luego aparece otro cometa y se produce un terremoto, pues todos los fenómenos naturales estaban vinculados dentro de la visión cósmica de los aztecas. En las figuras 9d, e y f las alusiones celestiales podrían ser a un meteorito o a una “estrella fugaz” (véanse en Köhler, 1989, varios ejemplos de estos fenómenos, que con frecuencia se confunden con cometas). Del animal herido por la “estrella fugaz” comenta Sahagún: “Criaba un gusano, por lo cual aquel animal no era de comer”. Asimismo, “todos se protegían bien, procuraba esta gente abrigarse de noche, porque la inflamación del cometa no cayese sobre ellos” (Sahagún, 1953, p. 13).

CONSTELACIONES AZTECAS

Uno de los problemas de identificar las percepciones celestes de las culturas antiguas es que con frecuencia hacemos demasiadas suposiciones acerca de lo que aquellos pueblos deben de haber visto. Las constelaciones o patrones estelares en el cielo derivan tanto de la tradición cultural como de la percepción visual. En tanto que algunos agrupamientos celestiales (por ejemplo, el Cinturón de Orión y las Pléyades) podrían ser reconocidas universalmente, con demasiada frecuencia imponemos a una cultura nuestras propias osas celestes y nuestros signos zodiacales, con escasas pruebas más de apoyo. (Véase un excelente estudio de este problema en Urton, 1981a, pp. 157-167.)

Entre los grupos de estrellas a los que se concede un lugar preponderante en toda Mesoamérica destacan las célebres Pléyades o Siete Hermanas del mundo clásico. Este grupo de estrellas ha sido de tanta importancia para casi toda civilización en desarrollo que tal vez valga la pena una digresión sobre observaciones de las Pléyades en general.

En su monumental obra sobre el mito, *La rama dorada*, Frazer (1936-1937) presen-

ta páginas y páginas de **documentación** en que se alude a las observaciones de las Pléyades entre los pueblos africanos, polinesios, australianos e incluso entre los pueblos de Kamchatka, muy al norte de los trópicos. Casi todos estos pueblos observaban la aparición y la desaparición de ese conspicuo grupo de estrellas para determinar el momento de empezar ciertas **operaciones** incluidas en el calendario agrícola. Los guaraníes de Paraguay fechan el **principio de su año** y determinan el momento de sembrar sus granos mediante el orto heliaco, o primera aparición anual precrepuscular de las Pléyades en el mes de mayo (véase capítulo III, apéndice C). Para las tribus de Matto Grosso, en el valle del Amazonas, la primera aparición de las Pléyades señala el principio de la temporada de lluvias y la migración de las aves:

Mientras están bajas, las aves, y especialmente las de corral, duermen en las ramas —y perchas— bajas; y conforme se van elevando, las aves también lo hacen. Traen consigo mucho frío y lluvias. Cuando desaparecen, las serpientes pierden su veneno. Las cañas que se emplean para la fabricación de flechas deben cortarse antes de la aparición de las Pléyades, o se las comerían los gusanos [Frazer, 1936-1937, I, p. 309].

En Norteamérica, los pies negros se valen de esas estrellas para regular sus festividades más importantes que, además de un par de vigiliass sagradas para esperar su llegada, incluyen la bendición y la siembra de la semilla. Y al otro lado del continente, los iroqueses aparean las estrellas con la *Corona Borealis*, que está equidistante del polo norte celestial y en el lado opuesto del cielo, para asignar géneros a las estaciones (Mann, 2000, especialmente el capítulo 2).

Los iroqueses sacan ventaja de la reciprocidad de imagen de espejo entre la *Corona Borealis* y las Pléyades para dividir el año en una mitad macho representada por los Siete Hermanos (la *Corona Borealis*) y una mitad hembra representada por las Siete Hermanas (las Pléyades). Cada cual está equidistante del polo y ocupa esa mitad del cielo, que asciende a principios de la estación dedicada respectivamente a actividades masculinas (el verano) y femeninas (el invierno) (Mann, 2000, pp. 108-112).

En las Islas Sociedad del Pacífico del Sur el año se divide en dos estaciones determinadas por el orto y el ocaso heliacos de las Pléyades (véase el capítulo III, apéndice A). Los sherentés de Brasil emplean el mismo concepto, creando así un calendario que resulta aún más elaborado. Según el antropólogo Claude Lévi-Strauss:

Su año empieza en junio cuando surgen las Pléyades y el Sol abandona la constelación de Tauro [...] Cuando estas estrellas aparecen de mañana es signo de viento. Advierten su orto heliaco (antes del Sol) y su orto cósmico (con el Sol). Entre estos dos ortos de los sururú, los sherentés cuentan 13 lunas (13 oá-ité), que hacen un año [...] Dividen el año en dos partes: 1) cuatro lunas de estación seca, más o menos de junio a septiembre; 2) nueve lunas de llu-

via (a-ké-nan), de septiembre a mayo. Durante los dos primeros meses de la estación seca, desmontan un rincón del bosque derribando los grandes árboles. Durante los dos meses siguientes queman la maleza y siembran, para aprovechar las lluvias de fines de septiembre y octubre [Lévi-Strauss, 1969, p. 217].

En las sociedades primitivas las Pléyades con frecuencia son el único grupo celeste al que se presta atención. En Bali los pobladores sólo se valen de esas estrellas en la corrección del calendario lunar para volver a empezar el año solar. Armonizan el año lunar (12 meses de $29\frac{1}{2}$ días = 354 días) con el año trópico (estacional), prolongando uno de sus meses hasta que las Pléyades sean visibles en el ocaso solar. Los cafres de África del Sur regulan tanto el año lunar como el calendario agrícola por las Pléyades. Cualquier confusión acerca del año solar se corrige siempre mediante el orto heliaco de las Pléyades, y las cosas funcionan normalmente hasta que “las lunaciones no concuerdan, y por ello debe volverse a hacer referencia a estas estrellas” (Frazer, 1936-1937, I, p. 316). Un uso similar de las Pléyades, como dispositivo para volver a empezar el año solar poco antes del solsticio de junio (en invierno), se sitúa en el corazón del calendario de los incas, como habremos de descubrir en el capítulo V. Allí se cree que la facilidad o la dificultad de observar la reaparición de las Pléyades es considerada pronosticador de lluvias inminentes y de la consecuente escasez o abundancia de la cosecha de patatas. Los investigadores del norte han vinculado empíricamente la escasa visibilidad de las Pléyades en junio con los años de El Niño, que están asociados con precipitaciones reducidas varios meses después (Orlove, Chiang y Cane, 2000).

También se adora a las Pléyades entre los pueblos aborígenes que no practican la agricultura. Lo cual se debe acaso a la coincidencia de la primera aparición anual del grupo al principio de la temporada de lluvias. Las civilizaciones en desarrollo difícilmente podían dejar de observar que los frutos silvestres crecían mejor y que, por consiguiente, ellos tendrían más de comer luego de una precipitación pluvial abundante que después de una prolongada sequía. Los cazadores podían aprender acerca de la migración de su presa en función del ciclo meteorológico. De ahí había sólo un simple paso hasta la atribución de ciertos fenómenos terrestres a esas estrellas. A decir verdad, muchos de los pueblos aborígenes de Australia consideran a las Pléyades no sólo como un signo de lluvia sino como causa de ella: les atribuyen una función astrológica más que astronómica. Maldicen a las Pléyades si su aparición en el firmamento no se presenta seguida inmediatamente de un periodo de lluvias.

Podríamos esperar que cualquier pueblo que vinculara fuertemente las cosas del mundo a la aparición y la desaparición de las estrellas las adorara también con igual intensidad. Entre los mocobíes de Perú y los navajos de Arizona, las Pléyades son tanto

el padre como el creador. Su imagen adorna la frente del Dios Negro, la deidad principal de los navajos (figura 10b). Por su parte, los hopis empiezan un rito sagrado nocturno cuando aparecen las Pléyades. Según Jesse Fewkes, infatigable arqueólogo explorador del suroeste de los Estados Unidos, a fines del siglo XIX se invocaba a los dioses que representaban los cuartos del mundo. Fewkes concluye diciendo: "No puedo explicar su significado, ni por qué entre todos los objetos estelares ese diminuto grupo de estrellas de menor magnitud es más importante que otros grupos estelares" (1985, p. 453).

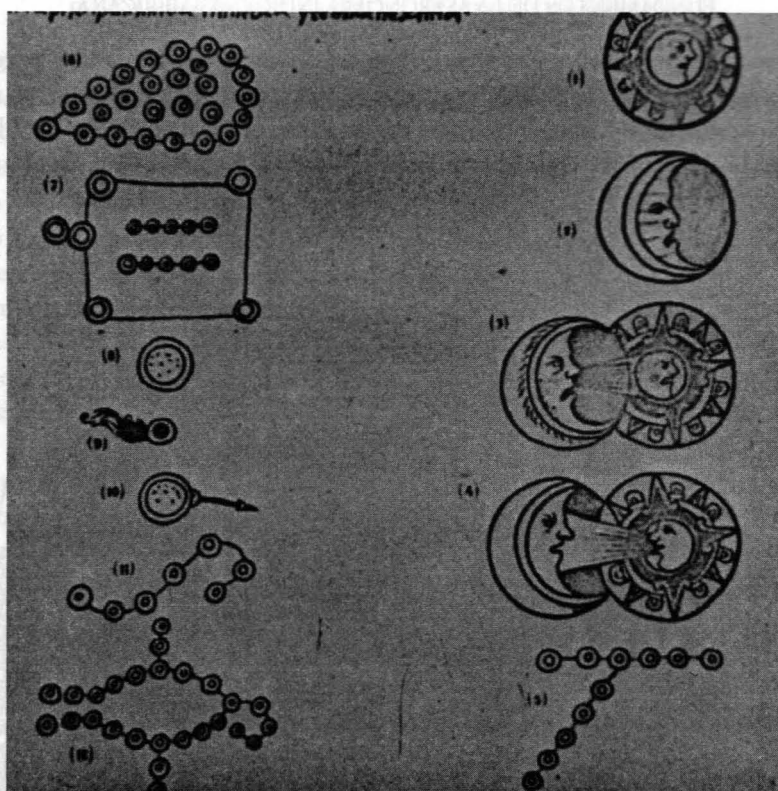
A decir verdad, es tan fácil reconocer a las Pléyades como reconocer a las estrellas más brillantes del firmamento. Aunque cada integrante no brille mucho en lo particular, su luz combinada se extiende por un área considerable del cielo, lo que es fácilmente reconocible por quienquiera que incluso por casualidad alce la vista hacia el firmamento.

En consecuencia, es probable que las Pléyades deban su importancia en el mito y el folclor a una combinación de su visibilidad en el cielo y a la coincidencia de su aparición y desaparición a uno y otro lado del Sol durante periodos importantes del calendario de estaciones. En el capítulo III hablaremos de la complejidad del movimiento de las Pléyades. Allí habremos de ver que su presencia cerca de la eclíptica permite cierta exactitud en la determinación del orto y del ocaso heliacos.

Las citas anteriores representan apenas una parte de los testimonios etnohistóricos correspondientes a la observación de un solo grupo de estrellas. Sirven para demostrar la existencia de un vínculo profundo y amplio entre los seres humanos y el cosmos en todas las civilizaciones en desarrollo.

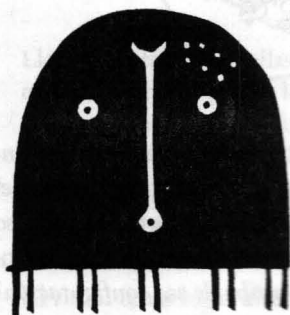
El libro séptimo del *Códice Florentino*, "que trata de la Astrología Natural que alcanzaron estos naturales de esta Nueva España", ofrece una relación escrita y pictórica de ciertas constelaciones aztecas (véase la figura 10a). La manera de representar a las estrellas como círculos unidos recuerda los patrones de constelaciones que pueden verse inscritos en la periferia de la piedra del Calendario Azteca (véase la figura 11).

Ha habido cierta confusión en cuanto a los intentos de identificar los patrones de constelaciones aztecas con constelaciones modernas (véase figura 12); no obstante en este punto se pueden resumir unas cuantas ideas. La constelación azteca de Tianquiztli (llamada así en la figura 10a) probablemente represente a las Pléyades. Los aztecas determinaban la llegada de su día festivo más importante por la aparición de las Pléyades, que señalaban el quinto punto cardinal. De acuerdo con Sahagún, la ceremonia de la Atadura de los Años tenía lugar cada 52 años y empezaba al pasar las Pléyades por el cenit a medianoche (hacia mediados de noviembre), lo cual sugiere que los aztecas marcaban el tiempo nocturno. Llegado el momento, los sacerdotes subían al Cerro de la Estrella a observar el movimiento de las Pléyades con profunda ansiedad:



a

FIGURA 10. a) *La astronomía en el Códice Florentino de Sahagún*: de arriba a abajo, columna izquierda: Tianquiztli o mercado (las Pléyades), Citlaltlachtli o juego de pelota (¿Géminis?), Citlálpol (Venus), Citlalin popoca o estrella que humea (cometa), Citlalin tlamina (estrella fugaz), Xonecuilli (¿Osa Menor?), Citlalcólotl (¿Escorpión?); columna derecha: Tonatiuh (el Sol), Meztli (la Luna), eclipse solar, eclipse de Luna, Mamalhuaztli (¿Cinturón y Espada de Orión?). (Sahagún, 1953, figura 21; cortesía de la School of American Research y la University of Utah Press.) b) las Pléyades también residen en la cabeza del Dios Negro de los navajos. (De B. Haile, *Star Lore among the Navaho* [Museum of Navaho Ceremonial Art, Santa Fe, 1947].)



b

“Llegados allí miraban a las *Cabrillas* [Pléyades], si estaban en medio [en el cenit], y si no estaban esperaban hasta que llegasen; y cuando veían que ya pasaban del medio, entendían que el movimiento del cielo no cesaba y que no era allí el fin del mundo, sino que sabían de tener otros cincuenta y dos años seguros que no se acabaría el mundo” (Sahagún, 1957, p. 143).

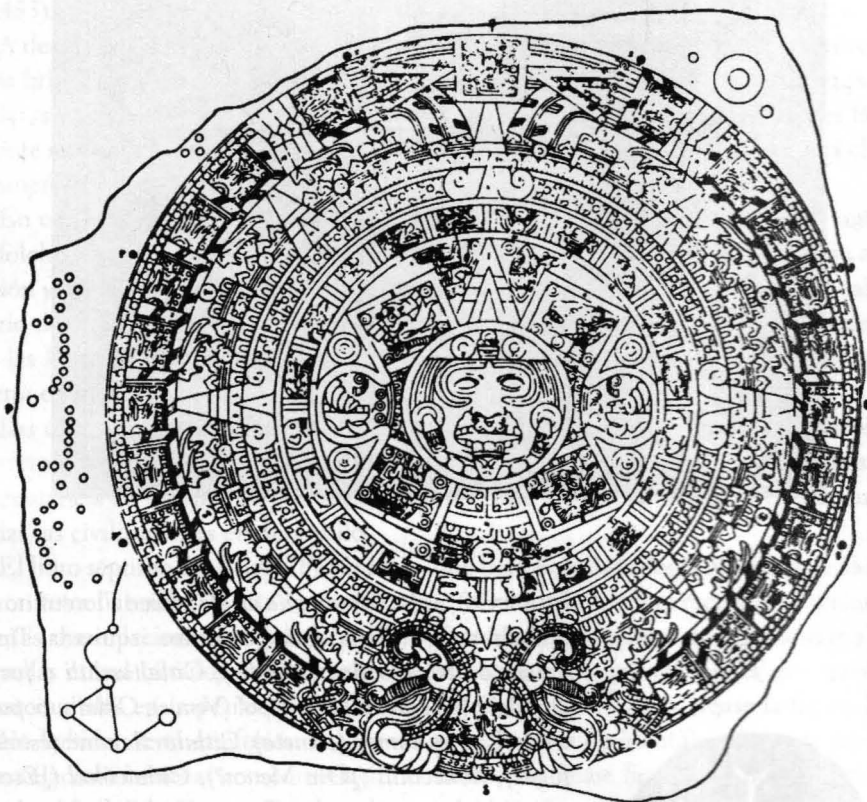


FIGURA 11. Las configuraciones punteadas inscritas en los bordes de la *piedra del Calendario Azteca* quizás representen constelaciones. Es evocadora la representación de *Xonecuilli* en la parte superior; la identificación de las demás es menos segura. En un caso (¿*Citlaltlactli*?) las estrellas están unidas mediante líneas, como en el *Códice Florentino* (véase figura 10a). ¿Es *Citlalcólotl* el grupo que aparece arriba de esa configuración? (Nuttall, 1901, figura 56.)

Broda (1979b) ha vinculado esas observaciones a cierto método para determinar los meses del calendario azteca. No debe olvidarse aquí la frase mixteca traducida por Smith (1973b, p. 84) en la página 7 del *Códice Muro* como “el horizonte [con] las Pléyades en el cenit”.

Pese a que la configuración en forma de flecha que las representa en el *Códice Florentino* guarde a primera vista poco parecido con las Pléyades, el agrupamiento de nueve estrellas del interior de la cadena unida que figura en el límite exterior de la constelación se asemeja claramente a las Pléyades cual aparecen en el cielo, tal y como se demuestra mediante la amplificación de ese grupo en la figura 12. Aunque en las latitudes septentrionales tan sólo veamos sin telescopio seis o siete de las Pléyades, en condiciones de cielo despejado a grandes altitudes, en que la atmósfera es relativamente tenue, el ojo agudo puede percibir algunas estrellas más, especialmente cuando el grupo pasa por el cenit. Como hemos de ver en el capítulo v, esas estrellas más que cualesquiera otras pueden haber tenido una influencia directa en la orientación de los centros ceremoniales.

Actualmente, entre los mayas chortis de Guatemala, las Pléyades, a las que se denomina “El Siete Cabrillas”, o “Los Siete Muchachos”, determinan el día de la siembra y la llegada de las lluvias cuando tienen su orto heliaco en el cielo matutino del 25 de abril. En esta ocasión, anuncian el primer paso anual del Sol por el cenit, fenómeno al que según se dice obedece la fertilización de las simientes. “Para celebrar este acontecimiento se efectúan ritos y ceremonias” (Girard, 1948, p. 67). Entre los antiguos mayas las Pléyades se llamaban *tzab*, “cola de serpiente de cascabel”, forma por la cual se reconoce esta representación jeroglífica en diversos pasajes de los códices (Dutting, 1979).

La constelación de Mamalhuaztli, el “Perforador” o “Palos para el Fuego”, también aparece en la figura 10a y pudiera estar representada en la periferia de la Piedra del Sol o Calendario Azteca mediante un par de líneas rectas cruzadas compuestas de estrellas.

Llaman a estas tres estrellas *mamalhuaztli*, y por este mismo nombre llaman a los palos con que sacan lumbre, porque les parece que tienen alguna semejanza con ellas, y que de allí les vino esta manera de sacar fuego. De aquí tomaron por costumbre hacer unas quemaduras en la muñeca a los varones, a honra de aquellas estrellas. Decían que el que no fuese señalado de aquellas quemaduras, cuando se muriese, que allá en el infierno habían de sacar el fuego de su muñeca, barrenándola, como cuando acá sacan el fuego del palo [Sahagún, 1953, p. 434].

El ritual tenía lugar al empezar un ciclo de 52 años.

Probablemente sea el mismo grupo al que se menciona junto con las Pléyades en

un pasaje informativo aunque confuso de la *Crónica mexicana*, escrita después de la Conquista por el historiador Fernando Alvarado Tezozómoc (1975). Éste relata las formalidades que tienen lugar tras la elección de Moctezuma Xocoyotzin, rey de los aztecas. Tras señalarle una larga lista de deberes religiosos, se le exhorta a

tener especial cuidado de levantarnos a media noche, [para observar las estrellas] que llamaban *yohualitqui mamalhuaztli* las llaves que llaman de San Pedro de las estrellas de el cielo, *Citlaltlachtli* el norte y su rueda, *ytianquiztli* las cabrillas, la estrella [constelación] de el alacrán figurada *colotlixayac*, [con] que son significadas las cuatro partes del mundo guiadas por el cielo; y al tiempo que vaya amaneciendo tener gran cuenta con la estrella [constelación] *Xonecuilli* que es la encomienda de Santiago, que es la que está por parte del Sur, hacia las Indias y chinos, y tener cuenta con el lucero de la mañana, y [que parece] al alborada que llamaban *Tlahuizcalpan Teuctli* [p. 574].

Hay mucha confusión acerca de las llamadas “Llaves de San Pedro”. De acuerdo con Sahagún, “andan cerca de las Cabrillas”. En este punto, debemos cuidarnos de aceptar las descripciones de los antiguos historiadores como si fueran el evangelio. Por ejemplo, la exposición de Tezozómoc sobre los juegos de pelota tiene poca semejanza con el juego o el terreno en que éste se jugaba, según los conocemos por otras fuentes. En los mapas medievales europeos, la constelación de San Pedro incluía a toda la constelación zodiacal de Aries y a partes del Triángulo, la Ballena (*Cetus*) y Piscis, y se situaba inmediatamente al oeste de las Pléyades. Las Llaves parecen estar formadas por las estrellas débiles de Aries 35, 39 y 41, y Triángulo 12 y 13. Por otra parte, J. M. Vigil, editor del manuscrito de Tezozómoc, dice que Alfa de Aries indicaba la localización de las Llaves, 10° al suroeste de esas estrellas y al otro extremo de la constelación.

Incluso el intérprete más imaginativo tendría dificultad para evocar con las estrellas de esa área una configuración similar a la forma del Perforador o Palos para el Fuego que aparece en la figura 10a; no obstante, una identificación del Perforador en las cercanías de Aries lo situaría en la eclíptica, una importante zona celeste. La constelación del Perforador debe de estar formada por dos líneas de estrellas que se encuentran en ángulo agudo. Tanto el grupo de las Híades de Tauro como el Cinturón y la Espada de Orión (parte inferior de la figura 12), situados al este de las Pléyades, cumplen con esa condición, por lo que se ha sugerido que puede tratarse de uno u otro de estos grupos estelares. Pero es más factible que sea el Cinturón de Orión, pues salía casi exactamente al este y así señalaba uno de los puntos cardinales que Moctezuma supuestamente debía observar. Para reforzar este argumento, Michael Coe (1975, p. 26) apunta que Sahagún se refiere al grupo en cuestión llamándolo Mastelejos o Astillejos, que de acuerdo con los diccionarios nativos es sinónimo de Orión.

Como Sahagún nunca le puso nombre, no podemos estar seguros de que la constelación cuadrada de la figura 10a sea lo que Tezozómoc llama Citlaltlactli o Juego de pelota de la estrella, llamado también el Norte y su Rueda. A decir verdad, el grupo tiene poco parecido con las estrellas situadas en torno al polo. Aunque la identificación se antoje débil por su aspecto, también se han sugerido como posibilidad las dos líneas de estrellas paralelas que representan a Géminis, los Gemelos (columna izquierda de la figura 10). Por otra parte, Sahagún nos dice específicamente que Géminis era importante para los aztecas:

Hacía esta gente particular reverencia y particulares sacrificios a los Mastelejos del cielo, que es el signo del Toro. Hacían estos sacrificios y ceremonias cuando nuevamente aparecían por el oriente, después de la fiesta del sol. Después de haberles ofrecido incienso decían: “Ya ha salido Yoaltecutli, Yacahuiztli, ¿qué acontecerá esta noche? o, ¿qué fin habrá la noche, prós-

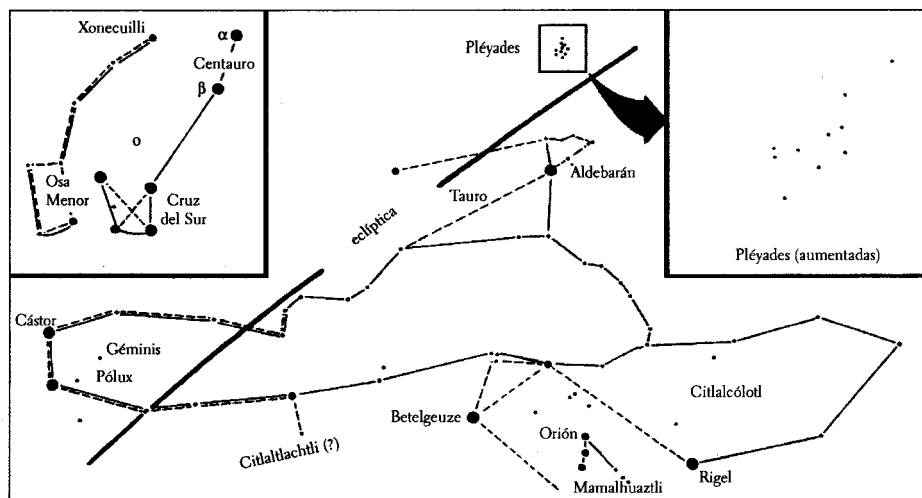


FIGURA 12. Comparación de patrones estelares aztecas y occidentales. En esta escena de cielo invernal, las líneas de unión continuas forman las constelaciones tal como pueden haberlas imaginado los aztecas. Las líneas intermitentes muestran nuestras versiones modernas. Algunos grupos, como el Cinturón de Orión (Mamalhuaztli) y las Pléyades (ampliadas en la parte superior derecha), al parecer son reconocidos universalmente. La constelación de la Cola de Serpiente (amplificación en la parte superior izquierda) corresponde a nuestra Osa Menor o a la Cruz del Sur con la adición de Alfa y Beta de Centauro. (Diagrama de P. Dunham.)

pero o adverso? Tres veces ofrecían incienso, y debe ser porque son tres estrellas; la una vez a prima noche, la otra a hora de las tres, la otra cuando comienza a amanecer [1953, p. 60].

También es difícil establecer la identidad de la configuración en forma de osa que figura en el *Códice Florentino* con el nombre de “Xonecuilli”. Aunque se parezca a nuestra Osa Menor, Tezozómoc la sitúa en la parte sur del cielo. Allí se le puede identificar con la Cruz del Sur (las cuatro estrellas forman un cuadrado al lado derecho de la configuración) y con una cadena de estrellas brillantes de Centauro, entre ellas Alfa y Beta de esa constelación moderna (véanse estas dos posibilidades en la figura 12). Tal vez sea importante señalar que en 1500 d.C., cuando el Cinturón de Orión se veía al oeste sobre el horizonte en el cielo del centro de México, la Cruz del Sur quedaba 15° arriba de él, exactamente al sur. Resulta fundado suponer que los antiguos mexicanos situaban a sus principales constelaciones en los puntos cardinales, puesto que sus templos con frecuencia se orientan hacia ellos. Como hemos de ver al hablar de sus calendarios, la división cuadripartita del universo es esencial para la comprensión de la cosmología mesoamericana (véase capítulo III).

De una a otra parte de la América indígena siempre se ha considerado a la Cruz del Sur como un grupo de estrellas importantes. Los indios waraos que habitan en Brasil, 9° al sur del ecuador, la han simbolizado como un pavo mítico. Según el antropólogo Johannes Wilbert (1973), un complicado mito warao está asociado a la orientación que el ave toma en el cielo a distintas horas del día. Simbolizando el dualismo de género, los elementos astronómicos básicos que sobresalen de ese mito sugieren que cada noche, a las nueve, el ave remonta el vuelo hacia el sureste para dirigirse al meridiano, donde una de sus alas canta a fin de proteger a todas las recién nacidas de la tribu. Las ancianas del grupo deben responder a su canto, alentando al ave en su viaje por el firmamento para que no abandone sus plumas a sus perseguidores celestes, los cazadores, representados por Alfa y Beta de Centauro. El pavo regresa al mediodía y canta con su otra ala, protegiendo de ese modo a todos los varones recién nacidos. Así, a medianoche está en el meridiano para las mujeres y a mediodía para los hombres. Al respecto, es importante señalar que Wilbert ha rastreado el origen de este mito hasta las civilizaciones del centro de México o de Yucatán (latitud 20° N, 1500 d.C.) reproduciendo en un planetario las posiciones de la Cruz en tiempos distintos y con respecto a las constelaciones afines, por ejemplo, la Cruz del Norte, según se describe en el mito warao. Wilbert encuentra grandes semejanzas entre la cosmología de los waraos y la de los aztecas y los mayas. En Mann (2000) puede verse un ejemplo norteamericano de dualismo de género astronómico.

Otra de las identificaciones de Xonecuilli igualmente posible es la Osa Mayor, a cuya forma se parece bastante, incluso por el número de estrellas representadas. El

hueco de la Osa pasaba por el meridiano celeste de Tenochtitlan al mismo tiempo que el Cinturón de Orión se ponía al oeste; por consiguiente, esa obvia agrupación pudo haber servido para señalar el punto cardinal del norte. Pero no se puede descartar la identificación con la Osa Menor (recuadro superior izquierdo de la figura 12), sobre todo porque Sahagún equipara específicamente estas estrellas con Xonecuilli (aunque en realidad no sean tan prominentes como él dice): “A las estrellas que están en la boca de la bocina [la Osa Menor] llamaba esta gente Citlaxonecuilli. Píntanla a manera de una S, revueltas siete estrellas; dicen que están por sí apartadas de las otras y que son resplandecientes” (p. 435). Sólo a la Estrella Polar, en un extremo de la Osa, y a Kochab, en el otro, se les puede atribuir algún brillo, y ambas son de segunda magnitud. Las cinco estrellas intermedias difícilmente serían prominentes, sobre todo por la baja altura que alcanza en México la Osa Menor.

Al mismo tiempo que el Cinturón de Orión se situaba sobre el horizonte occidental y que la Cruz del Sur señalaba el punto austral, Antares, la estrella más brillante de nuestra constelación de Escorpión, se hallaba en la parte opuesta del cielo, elevándose a 25° al sureste. Según Coe (1975), tanto los datos etnohistóricos como los etnográficos apoyan fuertemente la identificación de la última constelación del *Códice Florentino*, Citlalcólotl, con Escorpión. La cola enroscada del lado derecho de la figura es semejante a la cola enroscada de la constelación moderna, pero es evidente que los aztecas veían el resto del grupo estelar combinado de manera distinta con partes de constelaciones adyacentes, como lo indica la figura 12. En la representación que ofrecemos aquí, Cástor y Pólux son la boca del escorpión y Rigel es el aguijón de la punta de su cola. Como la zona de nuestro Escorpión está atestada de estrellas de la Vía Láctea es imposible identificar a estrellas específicas. No obstante, Berger (s. f.) ha ideado una constelación creíble de estrellas que consisten en nuestro propio Escorpión occidental y partes de Libra. Según Coe: “O bien este grupo de suyo se parece tanto a un escorpión que se le bautizó independientemente con ese nombre, o bien el nombre de algún modo se difundió al Nuevo Mundo” (p. 26). También puede representar a Escorpión un grupo de estrellas que forma una configuración redonda y es visible en la piedra del Calendario Azteca de la figura 11.

Esta misma región del cielo, en donde la eclíptica cruza la Vía Láctea en invierno, figura prominentemente en la creencia popular sobre la creación maya. Rigel y Kappa de Orión, junto con la estrella situada más al oriente del Cinturón de Orión, han sido identificadas por Barbara Tedlock (1992, p. 29) como las tres piedras del hogar de la creación que se mencionan en el *Popol Vuh* (el relato de la creación maya quiché), siendo el humo del fogón la nebulosa de Orión, que se sitúa en el centro de esa configuración. Schele y Freidel (1990) creen que el árbol de la creación dibujado con frecuencia en la iconografía maya es la Vía Láctea vertical, en donde la serpiente de dos

cabezas que la envuelve representa a la eclíptica. La Osa Mayor encarna al jactancioso Siete Guacamayo, que busca equipararse a los dioses cuando se posa sobre la copa del árbol. El propio Cinturón de Orión es la tortuga cósmica de cuyo caparazón hendido se dice que renació el Dios del Maíz. Al otro lado del árbol de la Vía Láctea se ubican los pecaríes que copulan, nuestra Géminis (figura 12). Volveremos a encontrar a estos habitantes celestiales cuando estudiemos el Zodíaco maya en el capítulo iv.

Los mesoamericanos también reconocían a algunas estrellas particulares. Lamb (1979) ha venido reuniendo datos de diccionarios mayas sobre los nombres de estrellas y constelaciones. La Estrella Polar, a la que los mayas llamaban Xaman Ek, sirvió universalmente a los viajeros para orientarse. Los comerciantes supuestamente quemaban copal a la Estrella del Norte en un altar situado a la orilla del camino para que los protegiera. Entre los modernos lacandones, Rigel y Sirio son los Pájaros Carpinteros y Betelgeuze es la Libélula Roja. No es sorprendente que también se reconozca a las Pléyades, la Cruz del Sur y la Osa Mayor. Por amplio margen, el planeta más importante es Venus (Baer y Baer, 1971; Bruce, 1974).

Independientemente de su identificación, los dibujos de grupos de estrellas que figuran en los códices subrayan el uso de cuerpos celestes para indicar tiempo y dirección. También indican un sólido nexo entre la astrología y la astronomía. Los fenómenos celestes se vinculan constantemente al ascenso y a la caída de diversos gobernantes, a las batallas libradas y a los grandes desastres ocurridos. En la cultura mesoamericana, la reiterada referencia al observatorio y a su contenido subraya el nexo que existe entre la observación astronómica y el calendario. El estudio de Nuttall sobre los dibujos astronómicos contenidos en los códices la llevó a concluir que “los antiguos mexicanos no sólo emplearon sus templos y juegos de pelota cuidadosamente orientados como observatorios astronómicos, sino que también inventaron ingeniosos dispositivos para registrar exactamente las apariciones o las desapariciones periódicas de cuerpos importantes” (1906, p. 298).

Pero, en lo que respecta a la población, el “observatorio” desempeñaba una función adivinatoria y ritualista más que astronómica, por lo que sería enteramente erróneo considerar a esa clase de institución como hacemos con su contraparte moderna. Los observatorios vinculaban directamente a las estrellas con la vida de los pobladores mediante el presagio y la profecía. Es probable que funcionaran como lugares de reunión y adoración —a la manera de nuestras iglesias, mezquitas y sinagogas— tanto como lugares en donde los sacerdotes observaban a las estrellas.

La interpretación de las estrellas y constelaciones aztecas antes expuesta también muestra algunas de las dificultades asociadas al estudio de la astronomía antigua. Por principio de cuentas, el registro histórico con frecuencia puede ser confuso. El investigador no sólo debe comprender el funcionamiento de la astronomía posicional, sino

también la visión del cosmos que tenían los religiosos del Renacimiento **español** que compilaron la mayoría de los testimonios de que disponemos en la **actualidad** para su estudio.

Cuando tratemos de identificar estrellas y constelaciones de acuerdo con los patrones actuales debemos tener cuidado de evitar nuestras propias **tendencias** culturales. Nuestros mapas estelares occidentales suelen mostrar imágenes **exactas** de las posiciones de las estrellas, cuidando sus magnitudes representadas por círculos de diámetros proporcionales. Es obvio que el informante azteca que dibujó el grupo de estrellas de Tianquitzli en el *Códice Florentino* no utilizó estas reglas básicas cuando encerró las Pléyades dentro de un cerco anillado de estrellas rematado por un punto.

La documentación sobre el conocimiento astronómico de los aztecas contenida en el *Códice Florentino* refleja la patriotería cultural de Sahagún. Aunque vivió y trabajó en México más de 60 años, fue un misionero cuya tarea primordial consistía en civilizar y catequizar a los habitantes de las tierras recién conquistadas por España. Es probable que las preguntas que formulaba y las respuestas que interpretaba fueran enteramente distintas de las que habrían emanado de un antropólogo especializado, según se lamenta Alfredo López Austin, quien ha estudiado el periodo de la Conquista:

Sahagún preguntaba sobre la naturaleza del cielo con expectativas enteramente occidentales, anticipando quizás respuestas que podían vincularse con las esferas celestes, la densidad de los estratos, la rotación universal, el origen de las variaciones térmicas en atracciones y repulsiones de frío y de calor, la explicación de climas a distintas latitudes y altitudes, y la cronometría, todo lo cual y más constituía la ciencia celeste de su época. Sin embargo, sus intenciones chocaban con una inesperada barrera cultural. Si bien ataca a los indios por su escaso nivel de comprensión, ellos deben de haber pensado lo mismo de su inteligencia, cuando se enfrentaban a preguntas que consideraban ingenuas por su falta de entendimiento. Si Sahagún hubiese comprendido algo acerca del choque de ideas, su libro tal vez sería una de las mejores fuentes sobre la visión cósmica de los nahuas, con un examen de los niveles superiores e inferiores, el curso de las estrellas a través de ellos, y los árboles en que se sustentaban, información ésta rara vez disponible en otras fuentes [1974, p. 135].

Ahora podemos entender por qué Sahagún hizo afirmaciones tan aterradoras acerca de los efectos nocivos de los fenómenos celestes en los seres humanos, a la vez que proporcionó muy poca información acerca de la predicción y la observación indígenas de los fenómenos aludidos.

De gran parte de la reconocida inexactitud de su libro séptimo, Sahagún culpa a la ignorancia de sus informantes y al problema de la lengua:

Razón tendrá el lector de disgustarse en la lectura de este séptimo libro, y mucho mayor la tendrá si entiende la lengua indiana juntamente con la lengua española, porque en español el lenguaje va muy bajo y la materia de que se trata en este séptimo libro va tratada muy bajamente. Esto es porque los mismos naturales dieron la relación de las cosas que en este libro se tratan muy bajamente, según ellos las entienden, y en bajo quilate de entendimiento, pretendiendo solamente saber y escribir lo que ellos entendían en esta materia de Astrología y Filosofía Natural, que es muy poco y muy bajo [Cita de López Austin, 1974, p. 135].

Como los informantes eran de lo más enterados y locuaces acerca de la interpretación del significado de los fenómenos astronómicos (la asociación del agusanamiento de los animales y los meteoros o el temor a que si una mujer encinta se exponía a un eclipse lunar sus hijos se convertirían en ratones), Sahagún al parecer se contentó con recabar y presentar sólo esta información.

Pero Diego Durán explícitamente da su razón para escribir su propia crónica (*Historia de las Indias de Nueva España e islas de Tierra firme*, 1951, p. 293):

Con lo cual hemos dado fin al calendario breve y sucintamente. Bien veo y conozco pudiera ampliar más esta obra y poner más cosas y más a la larga; pero mi intento sólo es avisar de lo necesario, para utilidad de los prójimos y aviso de los ministros y extirpación de las supersticiones, [las cuales] deseo no se solapen ni disimulen, porque la llaga no crezca y venga en pudrición y se encone con el disimulo, sino que se desarraigue de los corazones de esta flaca gente...

Aunque podemos estar agradecidos por el acervo de conceptos culturales aztecas que Sahagún, Durán y los demás cronistas conservaron para nosotros, es de lamentar que hablen tan poco del modo en que los aztecas estructuraban su universo y de los instrumentos que empleaban para verlo funcionar. Como se aprecia en los testimonios escritos, es evidente que la astronomía no estaba hecha para el lego ni se presentaba, como en la tradición clásica griega, para ser contemplada por los filósofos en aras de la superación de sus conocimientos sobre el mundo natural. Para los antiguos mesoamericanos, entre los hechos de la vida cotidiana y el movimiento celeste había una relación vital de causa-efecto. La información secreta nunca estuvo destinada a los oídos de ninguna persona ajena.

LA ASTRONOMÍA Y EL REGISTRO ETNOLÓGICO: LA IMPORTANCIA
DEL PASO DEL SOL POR EL CENIT

Hasta nosotros no sólo ha llegado un testimonio histórico escrito, sino que también han perdurado el pueblo, sus hábitos y sus costumbres. Así, para nuestra comprensión de la astronomía antigua, un estudio del registro etnológico contemporáneo sobre observaciones astronómicas puede ser tan importante como un examen de los códigos y las crónicas. Es la astronomía del pueblo. Aquí, el acervo de materiales indica que muchos pueblos nativos aún observan el cielo y que para ellos son importantes los solsticios, los equinoccios y especialmente los pasos del Sol por el cenit. Necesitaremos prestar atención a estos conceptos cuando en el capítulo v consideremos los alineamientos astronómicos en la arquitectura.

En el capítulo iv abordaremos con cierto detenimiento el paso del Sol por el cenit en los trópicos y su vinculación con el calendario de 260 días; por ahora sólo examinaremos ese fenómeno en un contexto etnológico. Como el ciclo de 260 días, eso es fundamental para la operación de un calendario indígena desarrollado, pese a carecer de significación o importancia en occidente. Según Girard (1948), en la actualidad los mayas chortis todavía usan muchos observatorios del Sol cenital, por ejemplo, en Tan Sha, Esquipulas y Chiquimula, cerca de la frontera con Honduras, y en Nebaj, en las tierras altas de Guatemala. Los días de paso por el cenit se señalan observando dónde sale o se pone el Sol con respecto de alguna característica descollante del paisaje. Los hopis de Arizona emplean una técnica parecida. Alexander Stephen (véase Parsons, 1936), viajero del siglo xix, nos ha dejado un mapa del horizonte en que se muestran importantes posiciones solares marcadas mediante imágenes del disco solar (figura 13). Entre los chortis se considera que el este y el oeste verdaderos son las direcciones en que el Sol sale y se pone los días de su paso por el cenit, en sustitución de dos de los puntos cardinales convencionales, que se localizan varios grados al sur.

En el sur de Mesoamérica estos pasos por el cenit tienen un propósito práctico. El primero anuncia las lluvias a fines de abril, indicando que ha llegado el momento de limpiar los campos para las siembras, mientras que el segundo, en Guatemala el 12 o 13 de agosto, también indica lluvia acompañada de vientos. Uno y otro son acontecimientos que se acompañan de un elaborado ritual. En el pueblo de Chiquimula hay una peregrinación de la casa de la Virgen a la casa de Santiago. Las fechas del paso por el cenit son anunciadas por las posiciones relativas del Cinturón de Orión, las Pléyades y la Cruz del Sur en el cielo nocturno. En la moderna Guatemala, al crepúsculo nocturno del día del primer paso del Sol por el cenit pueden verse las Pléyades en su ocaso heliaco, mientras que la Cruz del Sur empieza a salir muy abajo hacia el

Felipe II de España en 1577 dice que a fin de facilitar el buen gobierno en las Indias las autoridades de cada ciudad y cada aldea debían dar informes exactos de su latitud y las fechas de paso del Sol por el cenit. Conociendo estas fechas, las autoridades civiles y religiosas españolas estarían en posibilidad de prever el acaecimiento de cualquier demostración vinculada a esta antigua práctica.

En el apéndice de *Incidents of Travel in Yucatan* (1843), de J. L. Stephens, se incluye un documento sobre la antigua cronología yucateca escrito por don Juan Pío Pérez, un jefe político de Yucatán en la época de la visita de Stephens. El llamado año común (el *Haab*) y el ciclo de 260 días, ambas unidades calendáricas básicas en la antigua Mesoamérica, se encuentran entre los elementos reconocibles derivados de los días previos a la Conquista. Sobre el origen del calendario, Pío se refiere específicamente al paso del Sol por el cenit:

Hasta la fecha los indios llaman a este año Jaab o Haab y, cuando eran paganos, lo comenzaban el 16 de julio. Vale la pena advertir que sus antepasados, tratando de que empezara el día preciso en que el Sol regresa al cenit de esta península en su camino a las regiones del sur, pero faltos de instrumentos para sus observaciones astronómicas y guiados sólo por la observación a simple vista, no erraban más que por 48 horas de anticipación. Esta pequeña diferencia demuestra que se esforzaban por determinar, con la mayor precisión posible, el día en que el astro pasaba por el punto más alto de nuestra esfera, y que, en los días más tempestuosos de la estación de lluvias, no ignoraban el uso del gnomon [I, 280].

No hay testimonio de la proyección de esta sombra en la Mesoamérica precolombina. Es más, no se necesita emplear ningún gnomon para observar el paso por el cenit. En Xochicalco, sitio arqueológico del estado de Morelos, México, encontramos diversas galerías subterráneas excavadas parcialmente por manos humanas. En dos de ellas, tiros verticales se extienden desde la cavidad hasta la superficie. Cualquier observador situado bajo una de aquellas aberturas, a 12 metros por debajo de la superficie, puede ver en lo alto un pedacito circular de cielo azul. Las veces en que pasa sobre el punto superior el Sol proyecta un fuerte rayo de luz en el espacio oscuro. Aunque algunos investigadores hayan llamado a aquellos tiros chimeneas o ventiladores, éstos bien pueden haber servido como observatorios del Sol en el cenit. Otro ejemplo similar de un tubo de observación cenital, en este caso de hechura totalmente humana, se encuentra en el Edificio P, una de las principales construcciones que miran hacia el este en la plaza abierta de Monte Albán, Oaxaca, México (véase figura 95). La posición de ese edificio está vinculada astronómicamente con otras construcciones del sitio, como también veremos en el capítulo v. En una cueva de Teotihuacan (Soruco, 1991) se ha señalado otro ejemplo más de un tubo de observación cenital.

Cuando el etnólogo J. S. Lincoln (1942) la visitó, la población ixil del remoto nor-

oeste de Guatemala aún usaba un calendario de 260 días en los años cuarenta del siglo xx. Un brujo llevaba la cuenta de los números 13 mientras otro se especializaba en los nombres de los 20 días; entre éstos, los indígenas incluían a Imux (Imix), I'q (Ik) y Akbal, en el mismo orden en que los habían puesto sus antepasados antes de la Conquista. El ciclo invariable de 260 días se correlacionaba con el año de 365 días e incluso se designaban portadores de años (nombres de días asignados al principio del año) junto con las ceremonias concomitantes. Aquella notable supervivencia en pleno siglo xx da fe del tenaz espíritu conservador del pueblo maya.

Un testimonio etnográfico moderno sobre el antiguo año solar maya (Haab) fue descubierto en Milpoleta, un remoto poblado indígena chamula del estado de Chiapas, México, en donde el antropólogo Gary Gossen (1974b) encontró una tabla calendárica (figura 14) hecha sobre el tablero de una puerta antigua. La tabla había sido construida por un brujo local mediante una serie de marcas al carbón correspondientes a los días del Haab. La sucesión de marcas se puede leer de izquierda a derecha empezando por la parte superior. Nótese que la vigésima marca de cada serie es más firme que las demás. Llenan la tabla un total de 18 series de 20 marcas y un agrupamiento único de cinco: lo que da una suma de 365 días. El mes infausto de cinco días llamado C'ayk'in (en vez de Uayeb como lo llamaban los antiguos mayas yucatecos) aparece a

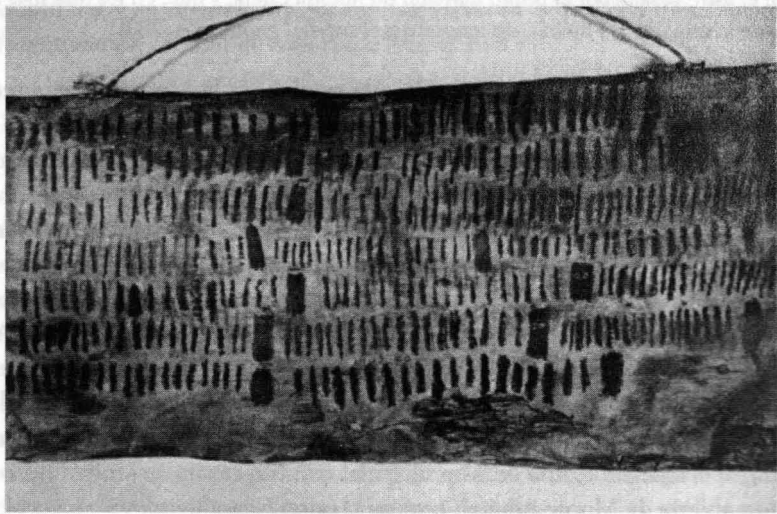


FIGURA 14. La tabla calendárica de los chamulas. Cada 20 días hay una marca más firme para indicar el acabamiento de un ciclo, lo que, como hemos de ver en el capítulo IV, era una de las preocupaciones temporales de los antiguos mayas. (Marshack, 1974, p. 256; cortesía de Gerald Duckworth & Co. Ltd.)

mitad de la segunda línea para el Haab registrado en particular. Cuando Alexander Marshack (1974) del Museo Peabody estudió la tabla valiéndose de la fotografía infrarroja, encontró que los antepasados del brujo la habían borrado y vuelto a usar durante más de un siglo.

Estudios posteriores sobre la tabla chamula y sus usuarios han revelado que, como sus predecesores, ese pueblo se interesa profundamente por la cuenta del tiempo. El Sol parece ser la deidad principal y el viejo calendario solar aún funciona con el propósito de regular la actividad agrícola. También se le usa para determinar fechas de importancia cívica y social, tanto como festividades religiosas.

Los perdurables estudios del antropólogo Evon Vogt (1976, 1985, 1997) sobre la astronomía zinacoteca se han centrado en los pueblos maya tzotziles de las cercanías de San Juan Chamula. Vogt encuentra que estos pueblos contemporáneos están sagazmente conscientes de las posiciones de salida y ocaso en el solsticio que, junto con otras posiciones clave del año, los zinacotecos marcan en el horizonte mediante referencias a los picos montañosos locales. Conciben el cosmos como un tresbolillo de cuatro direcciones y un centro, con las esquinas de la figura cuatripartita marcadas por los extremos del horizonte solar, que se alcanzan en los solsticios. Vogt documenta varios circuitos ceremoniales que siguen la trayectoria del Sol alrededor del horizonte. El saber tzotzil sobre las estrellas incluye el reconocimiento de varias constelaciones, entre ellas Escorpión (una vez más equivalente del nuestro), las estrellas del Cinturón de Orión ("Tres juntas") y las Pléyades ("Sandalias ceremoniales muy llenas"). Ahora, como entonces, la Vía Láctea desempeña un papel primordial en la narrativa sobre la creación. Aunque arropada en el catolicismo, esta astronomía es importante para nuestra comprensión de la astronomía maya clásica porque revela continuidades en la práctica y la creencia; por ejemplo, Vogt encuentra que muchos zinacotecos todavía entienden los cuerpos celestes como seres vivientes, razón por la cual emplean estrellas y constelaciones con nombres para regular calendarios ceremoniales y agrícolas de manera que parecen concordar con lo que encontramos en los códices. La astronomía sigue siendo especializada, quedando el conocimiento preciso en manos de números menudantes del segmento de población de mayor edad menos occidentalizada.

Los informantes quichés y cakchiqueles de las tierras altas de Guatemala han sido particularmente abordables respecto a sus creencias cosmológicas y astronómicas. Los antropólogos A. Remington (1977) y Barbara Tedlock (1982) encuentran un fuerte vínculo entre el calendario y la adivinación. La relación fue particularmente significativa para el ciclo de 260 días que todavía se utiliza allí. Los cakchiqueles sorprendieron a Remington revelándole el uso de un curioso sistema de **orientación** no occidental. Dicen que el Sol y la Luna siempre siguen trayectorias separadas y que cada trayectoria cambia con las estaciones. El Sol sale por el norte cuando las **noches** son cortas (tempora-

da de lluvias). Sobre esto existe cierta confusión, porque los dibujos que acompañan a su descripción implican que el Sol siempre sale al sureste, aunque en la temporada de lluvias (del 22 de marzo al 22 de septiembre) más al norte que en la temporada de sequías (del 22 de septiembre al 22 de marzo). Se reconocen tres clases de trayectorias estelares: *a*) arcos concéntricos cortos en torno a la Estrella Polar, que describe el movimiento de las estrellas circumpolares (la Osa Mayor = “El carro con cola”, pertenece a esta categoría); *b*) arcos cortos del sur, entre ellos el de la Cruz del Sur; y *c*) las trayectorias estelares que pasan por la parte más alta: éstas describen semicírculos en el cielo y con frecuencia son atravesadas por el curso del Sol y de la Luna. Orión forma parte de este último grupo.

En su esquema de orientación, el brujo cakchiquel claramente parece distinguir entre el ecuador celeste, la eclíptica y la órbita lunar. Se vale de las trayectorias celestes no sólo para llevar cuenta de los días del año, sino también para señalar el tiempo del día y de la noche. Cuando Remington preguntó a un informante en dónde podría estar *en aquel momento* una estrella que ese año podía verse antes en el cielo, el interpelado le respondió señalando el este a un ángulo de 30° bajo el horizonte. Luego señaló arriba, hacia donde se habría localizado al ponerse el Sol. Aquella respuesta fue corroborada por otras similares obtenidas en entrevistas por separado con otros curanderos. Mas, como lo temía el etnógrafo, ni siquiera la población nativa de las remotas tierras altas de Guatemala puede escapar a la occidentalización. Cierta día, entrevistando a un sacerdote quiché, Remington le preguntó acerca de un ovni de cuya presencia allí se había informado algunos años antes. El hechicero respondió con toda naturalidad que probablemente se trataba de alguna nave experimental de los rusos o los norteamericanos. Cuando el antropólogo sugirió que la supuesta tecnología parecía mucho más avanzada, con aire indignado ante la falta de fe del entrevistador en la tecnología, el sacerdote sugirió que cualquier civilización capaz de llevar un hombre a la Luna seguramente podía fabricar una nave espacial tan avanzada.

Los estudios más exhaustivos de Barbara Tedlock sobre los mayas quichés de las tierras altas (1982, 1983, 1985, 1992, 1999), junto con el trabajo de Sosa sobre los mayas yucatecos de las tierras bajas (1989) y los estudios de Gary Gossen sobre los mayas cholanos de San Juan Chamula en Chiapas, México (1972, 1974a), también revelan una asombrosa continuidad en los conceptos cosmológicos de los mayas antiguos. El Sol en forma de Cristo aún rige el cosmos, que como el de los antiguos tiene cuatro lados. Los pobladores todavía se refieren a los cuatro cuadrantes mediante los nombres dados por glifos direccionales en las antiguas inscripciones (véase capítulo iv, p. 130). El sentido norte-sur se equipara con el eje cenit-nadir y muchos de los nombres de día originales de las inscripciones se siguen usando en el calendario contemporáneo de 260 días. La traducción del *Popol Vuh* hecha por Dennis Tedlock (1985) contiene una

multitud de referencias astronómicas. El traductor considera su línea narrativa básica como una versión alfabética moderna de la tabla de Venus en el *Códice de Dresde* (véase capítulo iv, pp. 184-193), pues sigue en el inframundo las peregrinaciones de los héroes gemelos que establecieron la creación actual.

Barbara Tedlock (1992) ha estudiado una de las series de ritos calendáricamente más complejas de aquella área. Tanto para conservar el vigor de su linaje como para tener una cosecha abundante, los gobernantes mayas quichés realizan un circuito ritual de 82 días a los adoratorios localizados en cada una de las cuatro direcciones. Como hemos de ver, este periodo coincide con tres meses siderales, al final de los cuales la Luna vuelve al mismo lugar entre las estrellas (aunque no a la misma fase) a idéntica hora de la noche. El circuito ritual funciona en combinación con cuatro periodos de 65 días que totalizan 260 en un esquema ideado para conmensurar el ciclo sagrado de 260 días con el año de 365 y el mes sinódico lunar (véanse detalles en B. Tedlock, 1992, pp. 31-36). La autora encuentra que, durante las visitas del alba y del crepúsculo, el hechicero quema incienso, ora, enciende fuegos de artificio y hace observaciones de la posición del Sol en el horizonte.

En cuanto a América del Sur, los estudios de Gary Urton (1981) sobre las costumbres astronómicas de los habitantes de remotas aldeas andinas cercanas a Cuzco, la antigua capital inca, revelan que la orientación y el trazo de sus poblados se vinculan directamente con fenómenos celestes, en particular con los cercanos al horizonte. Los nativos parecen estar especialmente conscientes de las posiciones en que el Sol sale y se pone los días en que cruza por el cenit y el nadir, punto este directamente abajo del primero. La sensibilidad al rumbo en el horizonte podría ser un vestigio de conceptos empleados en el diseño del sistema de *ceques* de Cuzco (véase capítulo v). Descendientes sin duda de antepasados lejanos, muchos patrones modernos de las constelaciones andinas recurren a zonas oscuras de la Vía Láctea del sur para formar singulares constelaciones negras de formas animales (véase figura 15). Como lo ha demostrado Urton, las contrapartes celestes de estas criaturas terrestres aparecen y desaparecen en puntos clave del ciclo de vida de los animales. Por ejemplo, Hanp'átu, un pedazo de cielo oscuro cercano a la Cruz del Sur que representa a un sapo, aparece a principios de octubre, poco antes que el Sol, aproximadamente cuando los sapos terrestres salen de su hibernación y empiezan a croar y a aparearse.

Estos descriptivos ejemplos de conceptos y preceptos astronómicos del pasado y el presente de la antropología cultural constituyen apenas una pequeña muestra de la información disponible para el lector interesado (véase la lista de lecturas siguientes). Sin embargo, las muestras bastan para demostrar lo grande que es la separación entre nosotros y la antigua manera americana de comprender el cielo. Nos encontramos más en desventaja por la disponibilidad de sólo una pequeña parte de la herencia históri-

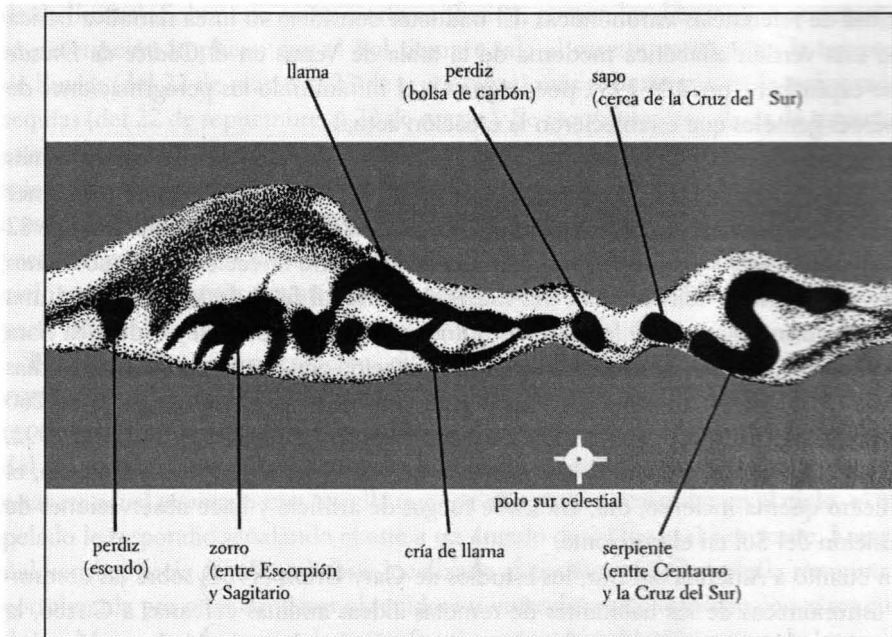


FIGURA 15. *Constelaciones negras.* (Diagrama de P. Dunham según G. Urton.)

ca, filtrada en gran medida a través de ojos españoles. Nuestro chovinismo cultural de Occidente, tan difícil de erradicar, con frecuencia hace el panorama más confuso. Pese a estas desventajas, las revelaciones de las prácticas astronómicas comunes de los pueblos indígenas enriquecen nuestra comprensión y las obras escogidas como muestra nos convencen de que una rica base histórica, etnográfica y etnológica ligada a la antigua astronomía americana aguarda nuestra interpretación considerada.

Tras adquirir las herramientas astronómicas básicas en el capítulo siguiente, en los capítulos restantes nuestra meta será examinar el par de componentes culturales más concretos para generar producción astronómica en la antigua América: el registro escrito perteneciente a los calendarios y el registro no escrito que se manifiesta mediante las orientaciones en el paisaje y la arquitectura. Estas áreas de investigación han avanzado a grandes pasos en los últimos decenios del siglo xx y son aportaciones de la arqueoastronomía. Las ideas recogidas de los estudios de los manuscritos antiguos, las crónicas españolas y el registro arqueológico deben integrarse sin excepción con la obra de los antropólogos que continúan proveyéndonos del tipo de conocimiento reseñado en el presente capítulo. Sólo entonces podemos esperar conocer la verdad acerca de la anchura y la profundidad de la antigua astronomía del Nuevo Mundo.

LECTURAS SELECTAS ADICIONALES

Las siguientes referencias generales sobre las civilizaciones de la antigua Mesoamérica ofrecen un excelente antecedente para el estudio de la arqueoastronomía mesoamericana:

- Carrasco, D. (1990), *Religions of Mesoamerica, cosmovision and ceremonial centers*. Waveland, Prospect Heights, Ill.
- Coe, M. D. (1993), *The Maya*, Thames and Hudson, Londres.
- (1994), *Mexico: From the Olmecs to the Aztecs*, ed. rev., Thames and Hudson, Londres.
- Henderson, J. (1981), *The world of the ancient Maya*, Cornell University Press, Ithaca.
- Morley, S. G., y G. Brainerd (1983), *The ancient Maya*, revisada por R. Sharer, Stanford University Press, Stanford.
- Sabloff, J. (1989), *The cities of ancient Mexico: Reconstructing a lost world*, Thames and Hudson, Londres. Los capítulos 3 y 12 ofrecen revelaciones sobre el modo en que la arqueoastronomía se ha integrado a los estudios arqueológicos.
- Weaver, M. P. (1993), *The Aztecs, Maya, and their predecessors*, 3ª ed. Academic, Nueva York.

Otros ejemplos del simbolismo de ojo-vara y otros simbolismos astronómicos pueden verse en:

- Hartung, H. (1977), "Astronomical signs in the codices Bodley and Selden", en A. F. Aveni (comp.), *Native American Astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 37-41.

La imaginería de los eclipses se trata en:

- Aveni, A. F., y E. Calnek (1999), "Astronomical considerations in the Aztec expressions of history: Eclipse data", *Ancient Mesoamerica*, 10 (1): 87-98.
- Milbrath, S. (1995), "Eclipse imagery in Mexica sculpture of Central Mexico", *Vistas in Astronomy*, 39: 479-502.
- (1999), *Star Gods of the Maya*, University of Texas Press, Austin. Es un excelente recurso para la astronomía mesoamericana en general.

Los siguientes estudios antropológicos se refieren específicamente a astronomía:

- Gossen, G. (1974), *Chamulas in the world of the sun: Time and space in a Maya oral tradition*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Lipp, F. (1991), *The Mixe of Oaxaca: Religion, ritual, and healing*, University of Texas Press, Austin.
- McGee, R. J., y F. K. Reilly III (1997), "Ancient Maya astronomy and cosmology in Lacandon Maya life", *Journal of Latin American Lore*, 20 (1): 125-142.
- Sosa, J. (1989), "Cosmological, symbolic, and cultural complexity among the contemporary Maya of Yucatán", en A. F. Aveni (comp.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 130-142.
- Tedlock, B. (1982), *Time and the highland Maya*, University of New Mexico Press, Albuquerque. (Revisado en 1992.)
- (1992), "The road of light: Theory and practice of Mayan skywatching", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 18-42.
- Vogt, E. (1997), "Zinacanteco astronomy", *Mexicon*, 19 (6): 110-116.

Véase un resumen de materiales informativos sobre las constelaciones aztecas y otros fenómenos astronómicos en:

- Berger, U. (s. f.), "Aztec star constellations and aztec cosmology".
- Köhler, U. (1989), Comets and falling stars in the perception of Mesoamerican Indians, en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, pp. 289-299, Cambridge University Press, Cambridge.

Una exposición sobre las constelaciones y la creación mayas aparece en el capítulo 2 de:

- Freidel, D. L., L. Schele, y J. Parker (1993), *Maya cosmos: Three thousand years on the shaman's path*, William Morris, Nueva York. [Hay traducción en español del FCE.]

III. ASTRONOMÍA A SIMPLE VISTA

[...] cuando estudio las convolutadas órbitas de las estrellas mis pies no tocan tierra y, a la mesa del propio Zeus, me alimento de ambrosía celeste.

TOLOMEO (1898, Prefacio)

LA ESFERA CELESTE: MARCOS DE REFERENCIA EN COORDENADAS

Con objeto de entender lo que pensaban los pueblos antiguos de su universo debemos conocer el cielo. Pero esto puede ser difícil, pues nos estorban los dispositivos tecnológicos modernos, que por mucho que amplíen considerablemente nuestra visión, también alteran nuestra interpretación del mundo natural. Al mismo tiempo, reconstruir lo que vieron los antiguos exige un conocimiento de la geometría celeste elemental y de los sistemas coordinados que constituyen el lenguaje descriptivo de la astronomía posicional, lo cual no implica que nuestros antepasados necesariamente hicieran uso de nuestro lenguaje y nuestros conceptos. Nuestra meta es simplemente observar lo que pasa en el cielo.

En este capítulo intento reunir y examinar la mayoría de los fenómenos celestes evidentes que los antiguos astrónomos pueden haber apreciado a simple vista. El lector encontrará el material que se aborda aquí sumamente útil en relación con los planteamientos específicos de los demás capítulos. Las figuras se concentran en simples apariencias, en tanto que el cuerpo del capítulo intenta explicar el modo en que el observador, valiéndose sólo de la simple vista, puede predecir el futuro y reconstruir fenómenos celestes del pasado. Más que en la explicación científica moderna de los fenómenos, se insistirá en su descripción y su reconocimiento. Acompaña a este capítulo un compacto glosario de los términos que emplean con mayor frecuencia los astrónomos posicionales (apéndice A). En su primera aparición, los términos se escribirán en *itálicas* en el texto del capítulo, por lo que el lector puede considerar especialmente útil consultar el glosario en el momento de leer la primera sección. Así se aísla y se minimiza la jerga técnica que con frecuencia acompaña al enfoque del libro de texto científico.

Todos los fenómenos celestes antiguos o modernos parecen ocurrir sobre la cara interna de una inmensa pantalla con la forma aproximada de un hemisferio. Podemos imaginar la *esfera celeste* como una bóveda de extensión arbitraria centrada con res-

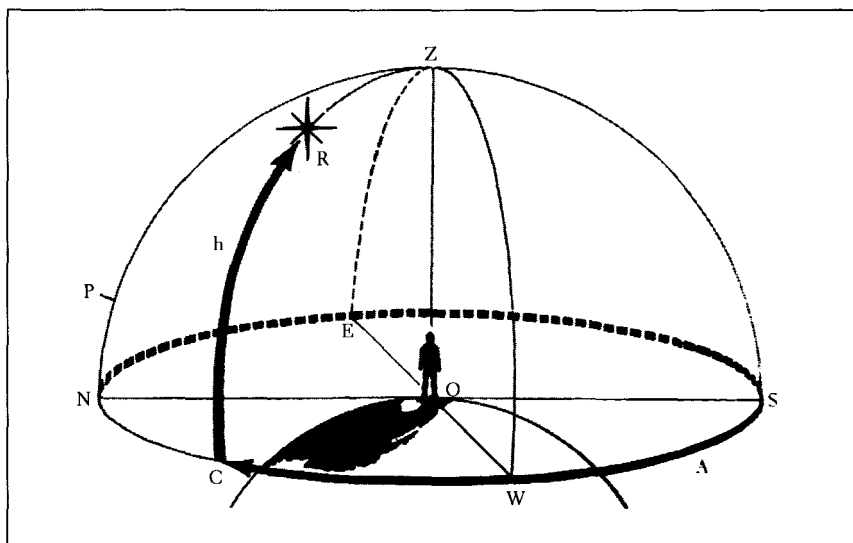


FIGURA 16. El cielo (la esfera celeste) tal como se nos presenta en su forma más simple. El observador está en el punto O sobre la superficie terrestre. (Diagrama de P. Dunham.)

pecto a un observador situado en algún punto de la Tierra. Tal como la imagináramos, la situación se representa en la figura 16 con el tamaño de la esfera sumamente reducido para adecuarlo a la página. Imagínese que la parte punteada del diagrama tridimensional se sitúa detrás de la página en tanto que la parte continua sobresale de ella. Supóngase que observamos en la esfera celeste la posición de una estrella, R, y que deseamos identificar su lugar en el cielo. En la astronomía occidental lo hacemos especificando sus dos coordenadas en un sistema que utiliza el horizonte NESW como círculo de referencia fundamental, mientras que el cenit o *zenith* (Z) le sirve de polo principal. A esto lo llamamos *sistema de referencia del horizonte*.

Identificamos el *acimut* de la estrella con su posición a lo largo del horizonte, medida hacia el este o a la derecha si se está cara al norte (NESWC), en tanto que la *altura* da la distancia angular de la estrella medida verticalmente hacia arriba a partir del horizonte. Es a su segmento CR a lo largo del arco CRZ al que llamamos *círculo vertical* de la estrella.

En la figura 16 el acimut de la estrella R es aproximadamente 330° ; su altura, alrededor de 60° . Ambas coordenadas se indican mediante gruesas flechas negras. Examinada a una escala mayor, la situación es más bien como la que se muestra en la figura

19. El observador está inmóvil en O y la estrella en R, pero la Tierra se ha reducido considerablemente. Los polos de la Tierra en rotación se han alargado hasta el cielo, en P y P', los *polos celestes*. Las estrellas se desplazan en torno a ellos y todo movimiento breve en el cielo tiene como pivote a esos polos. Podemos trasladar de nuevo esa imagen a la escena local de la figura 16 y señalar mediante P la posición del polo celeste septentrional en el cielo, lugar que en la actualidad alcanza aproximadamente Polaris, la Estrella Polar, la más brillante de las estrellas de la Osa Menor en la astronomía del mundo clásico. Por consiguiente, el verdadero norte, o punto cardinal norte (N),¹ usado para definir el acimut, se encuentra en el entorno local bajando el arco PN perpendicularmente al horizonte.

El acimut del polo norte celeste, P, en la figura 16, es 0°; la altura del polo, la longitud del arco NP en grados es alrededor de 20°. Para quienes se tomen la molestia de seguir la sencilla prueba descrita en la figura 17 es muy fácil demostrar que la altitud del polo celeste equivale a la latitud del observador,² relación que nos será útil cuando empecemos a considerar cómo están dispuestas las constelaciones en el cielo, vistas desde distintas latitudes.

Si nos colocamos en el polo norte geográfico de la Tierra (latitud = 90° N), la Estrella Polar (Polaris, que marca cercanamente el polo norte celeste) quedará en el cenit (altitud = 90°). Imagínese que empezamos un viaje desde el polo norte geográfico hasta el ecuador sin perder de vista la Estrella Polar al desplazarnos. A medida que avanzamos hacia el sur, la Estrella Polar se hundirá cada vez más en el cielo del norte. En Nueva York (42° latitud N), la altura de la Estrella Polar será 42° o aproximada-

¹ Esos puntos cardinales "verdaderos" no deben confundirse con los puntos cardinales de la brújula, que se definen en relación con los polos magnéticos de la Tierra. A diferencia del polo norte geográfico, el polo norte magnético está situado en el norte de Canadá, a una latitud geográfica de 75° N y la brújula magnética habitualmente señala en esta dirección general, excluyendo todas las anomalías locales (que suelen ser muy comunes). A la desviación de la brújula magnética respecto del norte astronómico se le denomina *declinación* (o *variación*) *magnética*. Actualmente en Mesoamérica la declinación magnética por lo general queda a unos 3° u 8° al este del norte verdadero. Sin embargo, esa cifra varía irregularmente algunos grados por siglo. La magnitud del cambio puede ser muy apreciable en sitios cercanos a los polos magnéticos: en Londres varió 20° en los últimos 100 años. No son raras las variaciones estacionales que incluyen variaciones diarias hasta de 1/2° (todas ellas de origen desconocido). En el apéndice E de este capítulo se estudia el cambio de desviación magnética con el tiempo en Mesoamérica. Esos cambios hacen incluso de la brújula magnética más perfeccionada un instrumento inútil cuando se necesita información direccional exacta. Para un estudio completo del problema véase D. Wolfman (1973).

² En la figura 17 nuestro observador (O) está situado en un plano horizontal HH' sobre la superficie de la Tierra, a una distancia angular de L grados al norte del ecuador terrestre, según se le ve desde el centro de la Tierra, C. Éstos definen su latitud. Una vez más, Z es el cenit y P el polo norte celeste. La altura del polo celeste se mide por el ángulo S formado entre OH' y OP. Como la esfera celeste puede ser arbitrariamente amplia, la dirección del polo celeste en el espacio es la misma cuando se le ve desde cualquier punto de la Tierra. De ese modo, la línea que va del centro de la Tierra al polo norte geográfico (CG) prolongada es paralela a OP prolongada. Ahora bien, la línea recta ZOC corta ese par de líneas paralelas; por consiguiente, los ángulos ZOP y OCG son iguales. Pero ZOP mide 90° - S y OCG 90° - L; así, S debe ser igual a L y la demostración es completa.

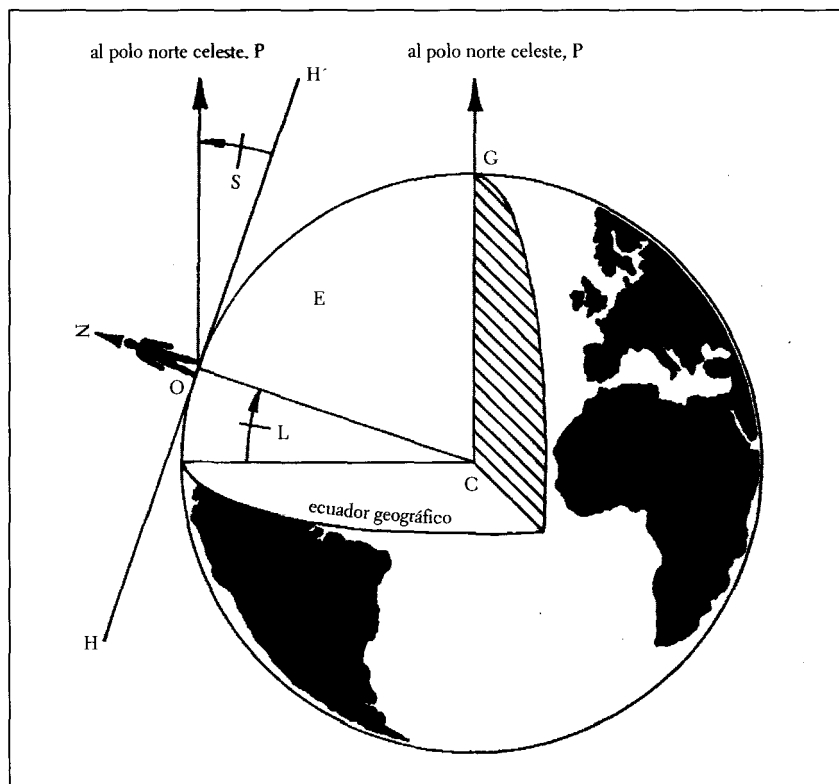


FIGURA 17. La altura (ángulo S) del polo norte celeste es igual a la latitud del observador (ángulo L). El observador está en O y C es el centro de la Tierra. (Diagrama de P. Dunham.)

mente a medio camino del cenit. En Miami (26° latitud N), veremos la Estrella Polar a una altura de 26° sobre el punto norte del horizonte. Cuando llegamos al ecuador terrestre (0° de latitud), la Estrella Polar coincidirá exactamente con el punto norte del horizonte. La figura 21 nos ayuda a explicar este principio mostrando el escenario celeste a diferentes latitudes geográficas. Una vez que pasamos al sur del ecuador, el polo norte celeste se perderá de vista y el polo sur celeste, que no está marcado por ninguna estrella prominente, se elevará en el cielo a una altura correspondiente a la latitud sur del observador.

Si bien el sistema de coordenadas del horizonte puede usarse para especificar en un momento dado la localización de un cuerpo celeste en el cielo, se observa que el aci-

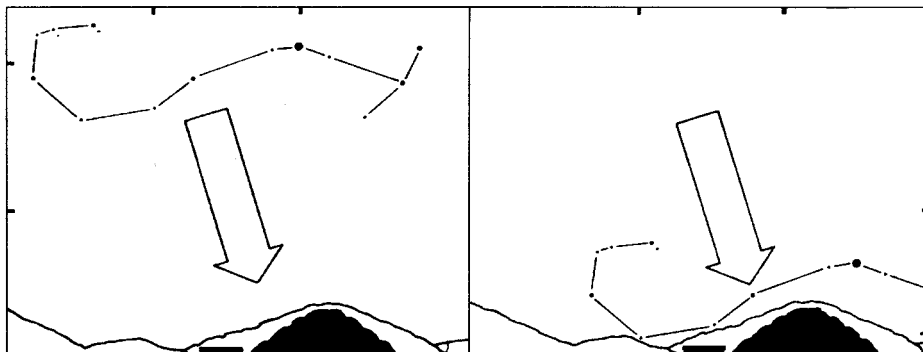


FIGURA 18. Movimiento celeste en el transcurso de unas horas. Escorpión se oculta en el oeste. (Diagrama de P. Dunham.)

mut y la altura no son constantes ni con el tiempo ni con la situación del observador. Como la tierra gira alrededor de su eje, vemos las estrellas desplazarse por la esfera celeste describiendo cada día un círculo alrededor de Polaris, que permanece casi fija. Así, el acimut y la altura de todas las estrellas cambian continuamente. La figura 18 demuestra este simple movimiento. Asimismo, a medida que los observadores se mueven sobre la superficie terrestre llevan consigo su propio cenit y su propio horizonte; por tanto, un par de datos de acimut y altura que describa la localización de un objeto a las 8 p.m. en el cielo de Miami difiere del que se observe a las 8 p.m. en Nueva York.

Con el fin de describir el aspecto cambiante del cielo, nos valdremos de un segundo sistema de referencia inventado por los astrónomos occidentales, un marco de referencia que se desplaza con las estrellas a medida que la Tierra gira. Conocidas como *sistema ecuatorial de coordenadas*, esas nuevas coordenadas se obtienen reflejando las coordenadas geográficas de la Tierra sobre la esfera celeste, como en la figura 19. El ecuador celeste XWBE es la contraparte del ecuador geográfico de la Tierra como los polos celestes PP' sirven de reflejo de los polos geográficos sobre la esfera celeste. En el sistema de referencia móvil, el ecuador celeste es como el horizonte y los polos celestes como el cenit y el *nadir* (el punto opuesto directamente al cenit). Como la Tierra gira sobre su propio eje de oeste a este en 24 horas (la dirección indicada por la pequeña flecha que envuelve al planeta), el observador ve las estrellas desplazarse por el cielo en dirección opuesta, de este a oeste (la gruesa flecha negra muestra el equivalente de unas dos horas de ese movimiento rotatorio). Así, mientras la esfera celeste gira la distancia indicada por la flecha gruesa, la estrella R cambia de posición a lo largo de un arco en dirección de T.

Para describir la posición R en el sistema ecuatorial elegimos el *equinoccio de primavera o vernal* (V) como punto fijo en la esfera celeste. Éste representa uno de los puntos en que la *eclíptica*, o trayectoria anual aparente del Sol por la esfera celeste, cruza el ecuador del cielo. Como el equinoccio de primavera se desplaza con las estrellas a medida que el cielo gira no cambiarán las coordenadas que se le han asignado.³

Por tanto, nos es posible definir las coordenadas de la *ascensión recta* (α) y la *declinación* (δ) de la estrella R en el sistema ecuatorial. En la figura 19 las coordenadas

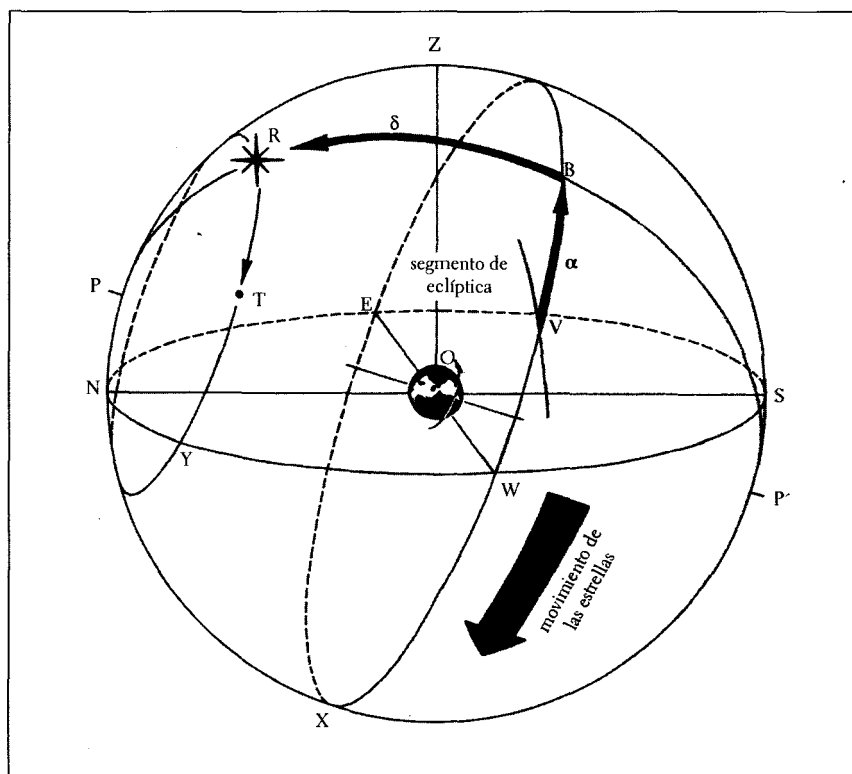


FIGURA 19. Coordenadas celestes de ascensión recta (α) y declinación (δ) en el sistema ecuatorial. La Tierra está en el centro de la esfera celeste, a la que se ha reducido su tamaño aparentemente infinito. (Diagrama de P. Dunham.)

³ Una de las dos intersecciones de la eclíptica y el ecuador celeste, el *equinoccio de primavera o vernal*, V, representa el punto en que el Sol, en su movimiento anual a lo largo de la eclíptica, cruza el ecuador celeste del hemisferio sur al hemisferio norte de la esfera celeste, fenómeno que ocurre alrededor del 21 de

ecuatoriales aproximadas de R (señaladas mediante flechas negras) son $\alpha = 30^\circ$ o dos horas y $\delta = +70^\circ$.

Para tabular el movimiento de los planetas que viajan cerca de la eclíptica es conveniente un tercer sistema de referencia, el sistema eclíptico de coordenadas. El círculo de referencia fundamental es la eclíptica y sus polos son los polos norte y sur de la eclíptica. A las coordenadas se les llama latitud y longitud celestes. Se les define como ascensión recta y declinación, con la salvedad de que la eclíptica sustituye al ecuador celeste.

Ya hemos visto que si seguimos observando nuestra estrella R por la noche, ésta se desplazará a lo largo de un arco paralelo al ecuador y llegará, por consiguiente, a la posición T. En el sistema del horizonte, las coordenadas de R habrán cambiado. Habrá aumentado su acimut y disminuido su altura, pero sus coordenadas ecuatoriales, que se desplazan con ella, seguirán siendo las mismas. Finalmente, el ocaso de la estrella se producirá en la posición Y, en donde su trayectoria RTY intersecta el horizonte noroccidental⁴ (es el movimiento representado en la figura 18 centrada en el observador). Recordando que la altura del polo celeste NP es la misma que la latitud del observador, apreciamos que el ángulo TYW que forma la trayectoria de la estrella con el horizonte del observador depende de la latitud de éste. Compárense en la figura 21 los ángulos que las trayectorias estelares forman con el horizonte a varias latitudes. Si el observador está cerca del ecuador geográfico, TYW debe ser cercano a 90° . Para un observador situado a una latitud cero, las estrellas se hundirán verticalmente tras el horizonte. En cambio, los observadores situados en las regiones ártica y antártica verán las estrellas salir y ponerse a un pequeño ángulo con el horizonte. Para un observador situado en el polo norte geográfico las trayectorias estelares serán exactamente paralelas al horizonte y las estrellas ni saldrán ni se pondrán. Sería de esperar que tan notable contraste en el aspecto del cielo produjera en los observadores del firmamento de regiones tropicales visiones cósmicas enteramente distintas en oposición a aquellas de quienes residen en latitudes templadas.

No todas las estrellas serán visibles desde determinada latitud, en tanto que algunas siempre se ubicarán sobre el horizonte. Estos principios se muestran en la figura 20.

marzo. El equinoccio de otoño es el punto 180° opuesto a V en el ecuador celeste (no aparece), donde el Sol se estaciona hacia el 21 de septiembre. Desafortunadamente, ninguna estrella brillante marca ninguno de estos dos importantes puntos de referencia. Como hemos de ver en el apéndice B, el equinoccio de primavera en realidad se desplaza respecto de las estrellas en el transcurso de largos periodos de tiempo. Sin embargo, ese hecho no tiene importancia en esta fase de la exposición.

⁴ Por simple trigonometría, se puede demostrar que el acimut ascendente, A, de cualquier cuerpo celeste visto sobre un horizonte elevado 0° está dado aproximadamente por

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\cos L}$$

en donde δ es la declinación del cuerpo y L la latitud del observador. El acimut del ocaso es $360^\circ - A$.

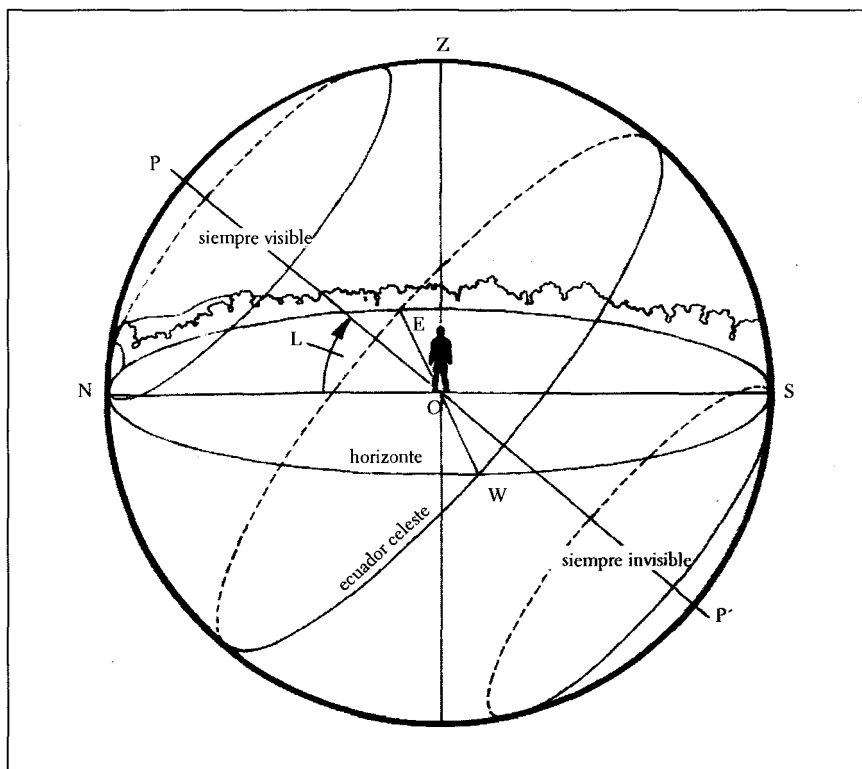
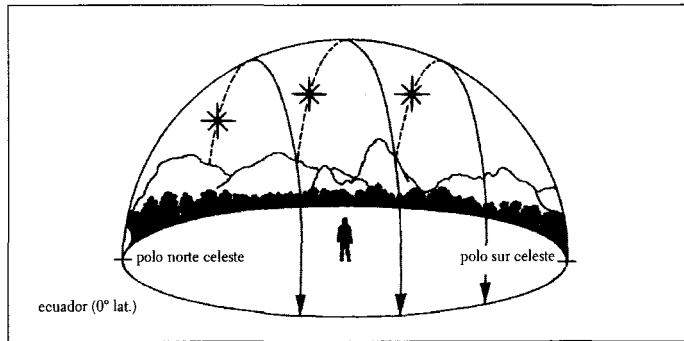


FIGURA 20. Tres zonas estelares en la esfera celeste. Para un observador situado en el hemisferio norte, las estrellas visibles todas las noches sobre el horizonte (arriba a la izquierda, norte) y las que nunca son visibles (abajo a la derecha, sur), incluidas las de una amplia faja situada entre los dos casquetes que unas veces son visibles y otras invisibles. Esta última zona disminuye en tanto que los casquetes aumentan a medida que consideramos a observadores cada vez más apartados del ecuador terrestre en donde el ángulo L es mayor. (Diagrama de P. Dunham.)

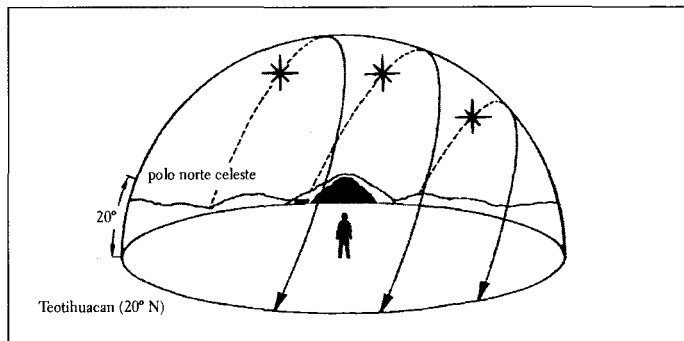
El casquete circumpolar visible incluye a todas las estrellas observadas a una latitud dada que nunca se pondrán. El casquete polar invisible contiene a todas las estrellas que nunca saldrán. El área de la esfera celeste que cubren esos casquetes aumenta con la latitud. A una latitud L en el hemisferio norte todas las estrellas con declinación norte mayor de $90^\circ - L$ son perpetuamente visibles. Por un razonamiento similar, todas las estrellas con declinación sur mayor de $90^\circ - |L|$ son perpetuamente invisibles.

Como sabemos que a mayor latitud el polo celeste alcanza mayor altura en el cielo, comparando las figuras 20 y 21 podemos ver que las diferencias de latitud ofrecen visiones contrastantes de la esfera celeste. A altas latitudes septentrionales, donde todo movimiento celeste parece centrado en el polo, vemos menos estrellas que en los trópicos y éstas en su mayoría son perpetuamente visibles. Entre los pueblos nativos de América del Norte, a las constelaciones circumpolares, como las dos Osas y Casiopea, se les observa con detenimiento y con frecuencia se les emplea como dispositivos para medir el tiempo (véase figura 24a, la carta circumpolar del norte). En los trópicos, sería de esperar que una civilización desarrollara un sistema muy distinto de astronomía posicional. Por ejemplo, los pueblos de Oceanía crearon constelaciones lineales, cuyas estrellas integrantes salían y se ponían en trayectorias verticales sobre el horizonte del océano aproximadamente en el mismo acimut. Este sistema fue de gran utilidad cuando se relacionó con la navegación, porque el acimut fijo obtenido mediante la observación de una estrella permanece constante.

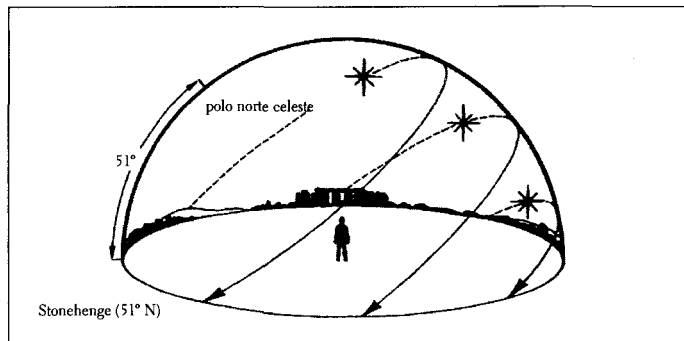
La figura 21 muestra por qué un observador situado en el ecuador terrestre ve de una ojeada todas las estrellas del cielo, cada una de las cuales sale siguiendo una línea perpendicular al horizonte. Para un observador ecuatorial (figura 21a), los polos celestes permanecen exactamente en los *puntos norte y sur* del horizonte local. Existe una simetría norte-sur con el movimiento celeste que parece girar en torno al observador. En Teotihuacan (figura 21b) las estrellas salen y se ponen con una inclinación de 20° respecto a la perpendicular (a un ángulo de 70° respecto al horizonte), mientras que la Estrella Polar, pivote de todo movimiento celeste, pende relativamente inadvertida muy abajo en el cielo del norte a 20° sobre el horizonte. Para el observador situado en Stonehenge (51° latitud N), el movimiento en torno al polo es aún más evidente, según lo muestra la figura 21c. Este giro de todas las trayectorias estelares en círculos alrededor del polo celeste, para un observador del firmamento apostado a grandes latitudes, está en marcado contraste con el movimiento más o menos recto hacia arriba y hacia abajo centrado en el observador que encontramos en los trópicos. Las Osas y la Estrella Polar se ven siempre en lo alto del cielo y el Sol, la Luna y las estrellas rozan los árboles en su desplazamiento horizontal cuando salen y se ponen. Pero tal vez la más peculiar de todas sea la visión de los observadores ubicados en el Ártico (figura 21d). Situados exactamente en el polo norte geográfico, sólo ven alrededor de la mitad de las estrellas, que siempre permanecen en el cielo, viajando en círculos diurnos de diámetro cada vez más pequeño, cuando los observadores dirigen la mirada hacia el cenit. En el hemisferio sur, la situación se invierte con el polo sur celeste como pivote, según lo muestran las figuras 21e y 21f.



a

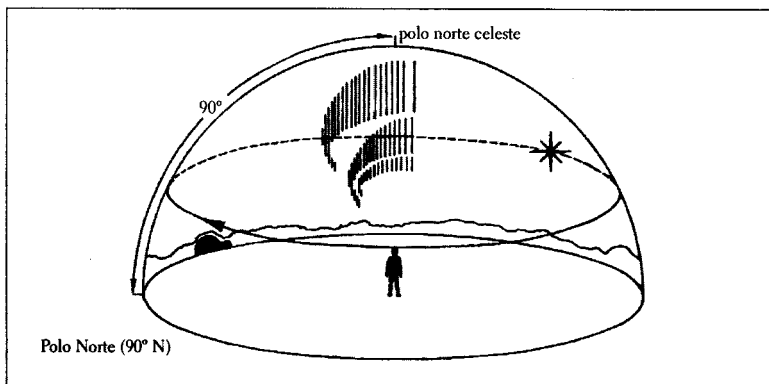


b

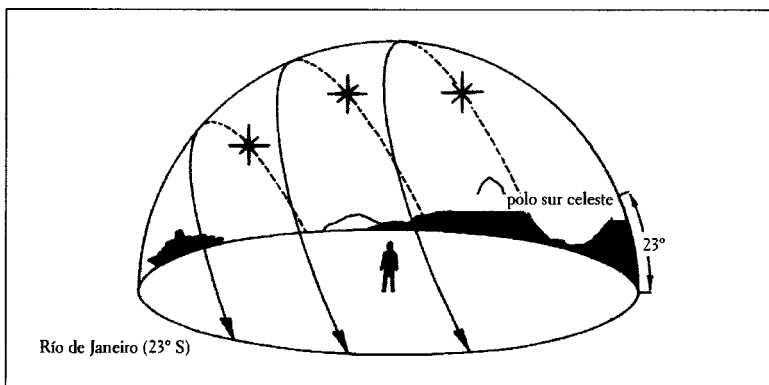


c

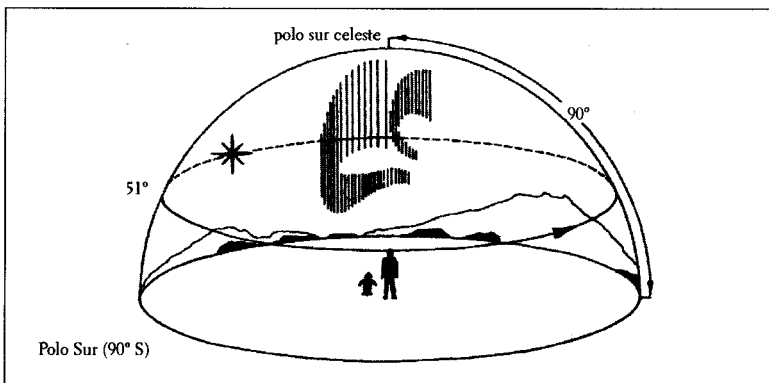
FIGURA 21. Como lo muestran estas imágenes, para observadores apostados a diferentes latitudes las estrellas parecen seguir trayectorias muy distintas e incluso cambia la posición que la Estrella Polar ocupa en el cielo, la cual queda fija (señalada como "polo norte celeste"). Su altura es la misma que la latitud del observador (véase también la figura 17). (Diagrama de P. Dunham.)



d



e



f

MAPA DE LOS MOVIMIENTOS DEL SOL

Si bien el movimiento de las estrellas al parecer es completamente regular, el Sol, la Luna y los planetas muestran importantes excepciones con respecto a algunas de las reglas ya examinadas.

En primer término, consideremos cómo se desplaza el Sol. Como todos los cuerpos celestes, día tras día saldrá por el este y se pondrá por el oeste. Pero, como la Tierra gira una vez al año en torno al Sol, siguiendo el plano de la eclíptica en la dirección en que gira sobre su eje, el Sol también parecerá desplazarse a lo largo de la eclíptica de poniente a oriente, describiendo un círculo completo de 360° contra el trasfondo estelar en un *año trópico* (365.2422 días). Con respecto a las estrellas, el Sol se desplaza alrededor de 1° , o dos veces su propio diámetro, en un día (figura 22). En consecuencia, los patrones de las constelaciones parecerán cambiar de posición con respecto al Sol a lo largo del año. Como nosotros seguimos un tiempo solar, a una estrella dada la veremos salir cada día unos minutos antes. De ese modo, si observamos a las estrellas arriba del horizonte oriental, opuesto a la dirección del ocaso solar, en el crepúsculo nocturno de noches sucesivas empezarán a aparecer nuevas constelaciones. Aquellas que semanas antes eran visibles por el horizonte del este se desplazarán hacia lo alto del cielo.

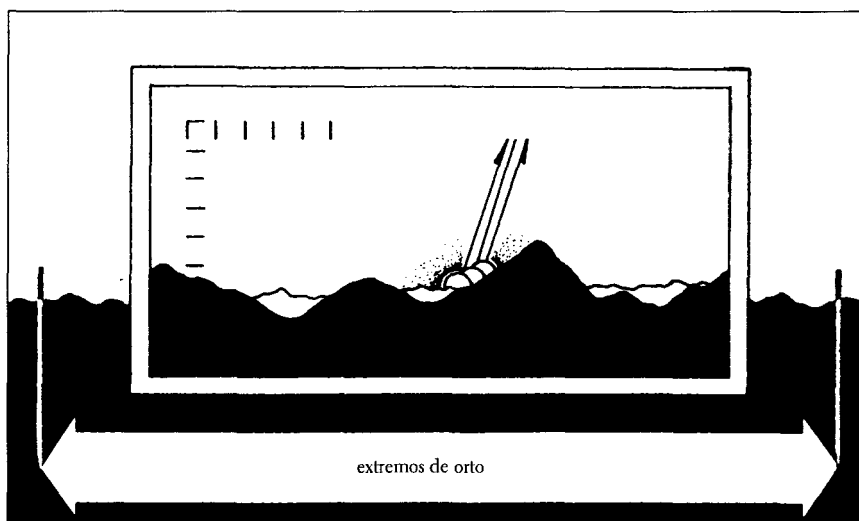
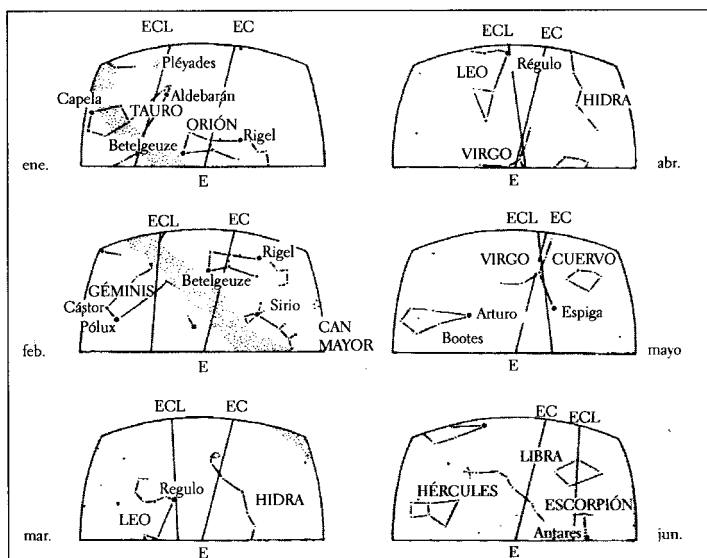


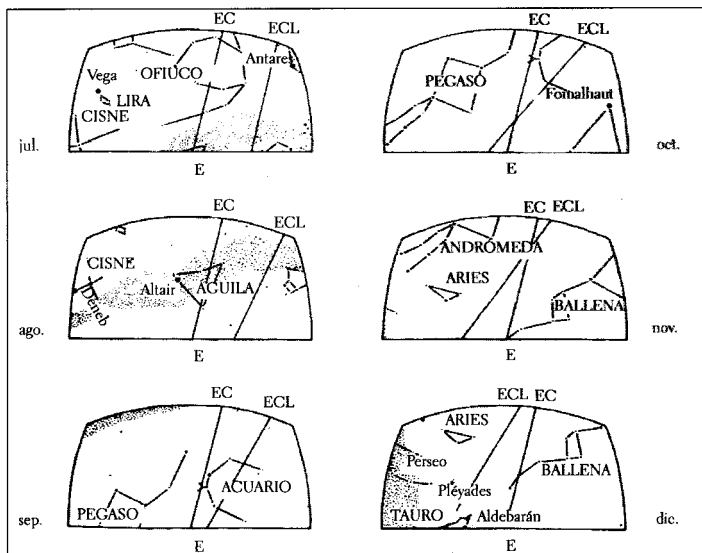
FIGURA 22. Desplazamiento del Sol en el transcurso de unos cuantos días: el Sol sale al este. (Diagrama de P. Dunham.)

La figura 23 muestra una serie de mapas estelares simples para cada mes, en los que se pueden apreciar las principales constelaciones visibles en el cielo del oriente para un observador apostado a bajas latitudes septentrionales. (Sobre información de dónde encontrar más mapas detallados véanse las referencias al final del capítulo.) A latitudes septentrionales mayores, el extremo sur del horizonte debe inclinarse hacia arriba y el extremo norte ligeramente hacia abajo. Cada mapa está hecho para usarse poco después del crepúsculo del primer día del mes para el que está señalado. A fin de usar los mapas a una hora posterior de la misma noche, agréguese un mes por cada dos horas. Así, lo que ve un observador en el cielo oriental seis horas después del ocaso el 1° de julio sería lo mismo que lo apreciado el 1° de octubre inmediatamente después del ocaso. Por la época del *solsticio de invierno*, poco después del ocaso (véase mapa para el 1° de enero), Orión, reconocible por las brillantes estrellas Betelgeuze y Rigel, aparece a alrededor de una cuarta parte de la distancia al cenit sobre el *punto este*, E, cuando Sirio está a punto de salir por el sureste. Al cabo de un mes, al producirse el ocaso, Sirio está muy arriba y Orión se ha acercado más a la región superior cuando ya está oscuro. Durante el equinoccio de primavera, cuando Orión y Sirio han cruzado por el *meridiano* y empezado a descender hacia el oeste, Leo, una constelación de primavera, con su brillante estrella Régulo, ha franqueado el horizonte oriental. A mediados del verano, Altair y Vega son las estrellas brillantes en el este. En ese momento, la roja Betelgeuze y la azul Rigel se pierden en el resplandor solar. Ambas vuelven a verse en el cielo del alba luego de que el Sol las ha dejado atrás hacia mediados de julio. Durante el mes de junio, la estrella roja Antares, de Escorpión, domina el sureste después del ocaso; para julio, Altair, Vega y Deneb (ligeramente fuera del mapa por la izquierda), estrellas del gran “triángulo de verano”, dominan el noreste. La Vía Láctea estival se extiende como una franja a baja altura en el cielo del este. Hacia mediados de julio, a eso de la medianoche (véase el mapa de octubre), la Vía Láctea ha subido hasta el meridiano (fuera del dibujo) y se extiende de norte a sur. En los meses posteriores a julio, la Vía Láctea se ve ligeramente más arriba en el cielo después del ocaso, según indican los mapas. Nótese también el movimiento de la eclíptica en el cielo del este al oscilar primero a la izquierda y luego a la derecha del ecuador celeste.

En la figura 24 una vez más nos imaginamos como observadores de una latitud septentrional situados dentro de la esfera celeste y nos preguntamos lo que veremos en diferentes momentos del año mirando primero al norte y luego al sur.

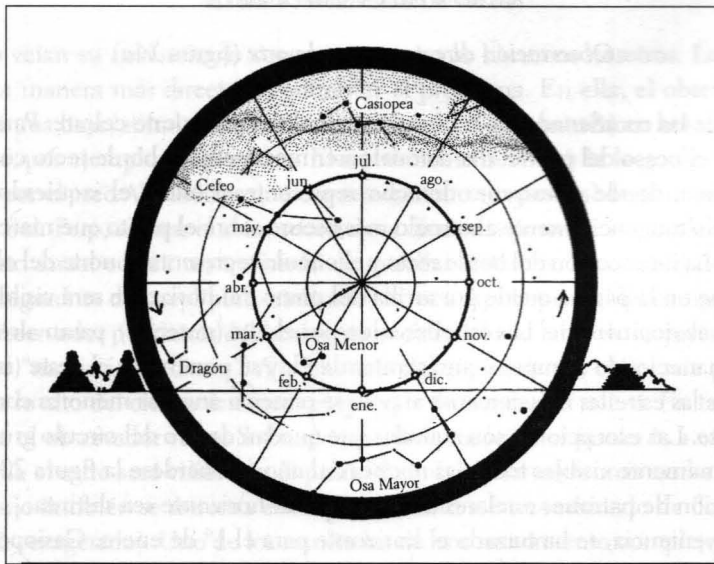


a

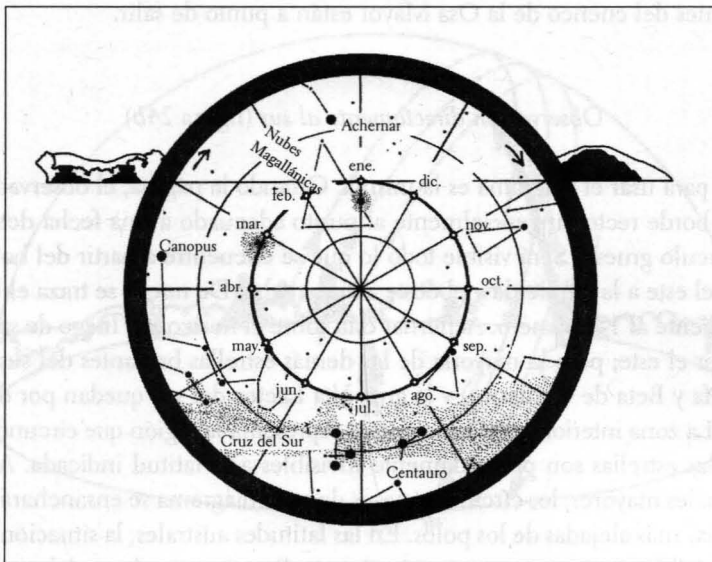


b

FIGURA 23. Vistas del cielo la primera noche de cada mes a la caída del crepúsculo vespertino. Se supone al observador situado a una latitud norte baja. Como referencia se han señalado el ecuador celeste (EC) y la eclíptica (ECL). La Vía Láctea aparece como una zona de minúsculos puntos. (Diagramas de P. Dunham.)



a



b

FIGURA 24. Vistas nocturnas en el crepúsculo vespertino de estrellas circumpolares del norte y del sur en distintas épocas del año y para un observador situado a 20° de latitud N. En cada uno de los diagramas se señala el horizonte de enero. Los círculos concéntricos representan intervalos de 10° a partir del polo. (Diagrama de P. Dunham.)

Observación directamente al norte (figura 24a)

El origen de las coordenadas es la posición actual del polo norte celeste. Para observar el cielo en el ocaso del primer día de cualquier mes úsese un borde recto como plano del horizonte, donde el extremo derecho represente el este y el izquierdo el oeste. Colóqueselo tangencialmente al círculo más oscuro sobre el punto que marca la fecha apropiada. La intersección del borde recto y el círculo representa el norte del observador. Todo lo que en la página quede por arriba del plano del horizonte será visible; todo lo que quede abajo, invisible. Las estrellas salen por el este (derecha), pasan alrededor del polo, permaneciendo siempre equidistantes de él, y se ponen por el oeste (izquierda). Nótese que las estrellas más cercanas al polo se ponen a ángulos menores con respecto al horizonte. Las excepciones son aquellas que quedan dentro del círculo grueso. Éstas son perpetuamente visibles todas las noches del año (recuérdese la figura 20), aunque la orientación de patrones estelares con respecto al horizonte sea distinta.

Por conveniencia, se ha trazado el horizonte para el 1° de enero. Casiopea y la Vía Láctea se ven muy arriba del horizonte del norte y las estrellas que reconocemos como constituyentes del cuenco de la Osa Mayor están a punto de salir.

Observación directamente al sur (figura 24b)

La técnica para usar el diagrama es la misma. Girando la página, el observador puede aplicar un borde recto tangencialmente al punto adecuado a una fecha determinada sobre el círculo grueso. Será visible todo lo que se encuentre a partir del borde recto, quedando el este a la izquierda y el oeste a la derecha. De nuevo se traza el horizonte correspondiente al 1° de enero. Achernar está sobre el horizonte, luego de salir a la izquierda, por el este; pero la mayoría de las demás estrellas brillantes del sur (la Cruz del Sur, Alfa y Beta de Centauro) y la gran Vía Láctea del sur quedan por debajo del horizonte. La zona interior del círculo grueso representa la región que circunda el polo, en donde las estrellas son perpetuamente invisibles a la latitud indicada. A latitudes septentrionales mayores, los círculos gruesos de cada diagrama se ensancharán para incluir estrellas más alejadas de los polos. En las latitudes australes, la situación se invierte, siendo visible una mayor proporción de estrellas circumpolares del sur, en tanto que las Osas y Casiopea se hunden en la invisibilidad perpetua.

Ya hemos dicho que el Sol sale todos los días por el este y se pone en el oeste y que, en el transcurso de un año, se desplaza de constelación en constelación, recorriendo un circuito completo entre las estrellas. Los antiguos deben de haber confrontado la combinación de desplazamientos diarios y anuales del Sol por el cielo, pero segura-

mente no veían su movimiento compuesto como lo hacemos nosotros. La figura 25 ofrece una manera más directa de enfrentar el problema. En ella, el observador (O) situado en una baja latitud norte mira la posición del Sol (punto A) en horas avanzadas de la tarde, por ejemplo, a las cuatro. El movimiento del Sol a lo largo de la eclíptica está dado por el arco AB. Nótese que ese movimiento se opone al desplazamiento cotidiano del Sol. Pero, si bien el astro recorre esa diminuta parte de su desplazamiento o movimiento anual contra un trasfondo de estrellas distantes, la rotación de la Tierra (como el segmento de la eclíptica mostrado) lo saca rápidamente del campo de la mirada del observador por detrás del horizonte occidental a lo largo de la trayectoria marcada como "movimiento diario". A la mañana del día siguiente, el Sol sale por el este, asciende a lo alto del cielo y entonces empieza a descender de nuevo. En tanto que el primer día el observador vio el Sol muy entrada la tarde en el punto A, a esa hora del segundo día el astro será visible en el punto B, muy ligeramente más arriba y al norte. En el dibujo también se muestra el desplazamiento solar combinado de dos días más (modo muy exagerado). Uno de los resultados de este movimiento complejo es que las

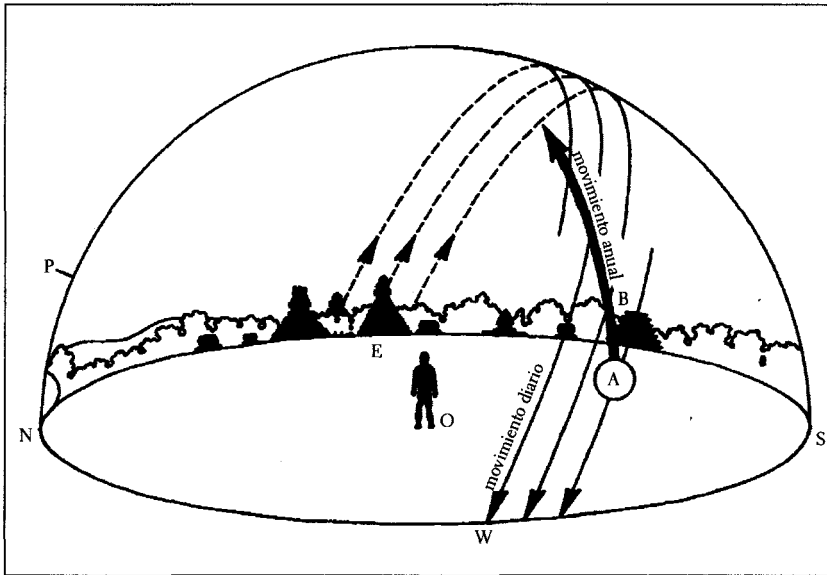


FIGURA 25. Movimientos diarios y anuales combinados del Sol. Diariamente el astro sale por el este y se pone en el oeste, pero también recorre una lenta trayectoria anual a lo largo de la eclíptica (flecha gruesa). Como resultado, en el transcurso del año parece trazar la trayectoria helicoidal (de tirabuzón) indicada por las líneas delgadas. Sólo se muestran tres días de movimiento (exagerado). (Diagrama de P. Dunham.)

posiciones de salida y puesta del Sol variarán ligeramente día tras día (véase la figura 22). La trayectoria cotidiana del Sol en días del año escogidos se resume en la figura 26, lo que de nuevo se concibe para un observador situado a una latitud norte baja. El día que el Sol llega al equinoccio de primavera o de otoño, su desplazamiento diario por el cielo reproducirá el ecuador celeste, puesto que queda precisamente sobre el ecuador. El astro saldrá exactamente en el *punto este* (acimut 90°) y se pondrá por el *punto oeste* (acimut 270°), como se muestra en la figura. Al avanzar la primavera y a medida que se desplaza al norte del ecuador celeste y aumenta su declinación, el Sol también saldrá y se pondrá más cerca del punto norte. El Sol alcanza su máxima declinación norte y, por tanto, sus puntos septentrionales extremos de orto y ocaso (con acimut aproximado de 65° y 295° , respectivamente) alrededor del 21 de junio, fecha del *solsticio de verano*. En esta fecha la declinación del astro es de $+23\frac{1}{2}^\circ$.

Al mediodía del 21 de junio el Sol alcanza su mayor altura. Entonces empieza a desplazarse de nuevo hacia el sur, cruzando el ecuador alrededor del 22 de septiembre, fecha en que sale con un acimut de 90° y se pone con un acimut de 270° . En el solsticio de invierno, alrededor del 22 de diciembre, el Sol alcanza su máxima declinación al sur ($-23\frac{1}{2}^\circ$). En esa época, sale y se pone con acimutes lo más cercanos al punto sur del horizonte (alrededor de 115° y 245°); también alcanza entonces su menor altura al mediodía. Para evitar confusiones, en la figura 26 sólo se representan las trayectorias diarias importantes del Sol (posteriormente se hablará de la trayectoria en las fechas de su paso por el cenit). Las declinaciones solares aproximadas en diferentes fechas del año se señalan en el cuadro 2. Nótese que, en contra de la idea popular, el Sol se pone con 180° de oposición de donde sale sólo en los equinoccios, únicos días en que sale exactamente al este y se pone exactamente al oeste.

La oscilación rítmica de los puntos de salida y puesta del Sol a lo largo del horizonte local dio a los antiguos un método adecuado para el establecimiento de un calendario anual. A decir verdad, como ya hemos señalado en el capítulo II, el horizonte se puede considerar como un dispositivo de calibración con cimas y valles prominentes que sirven de indicadores del tiempo. Como el de un péndulo, el movimiento cíclico es perfectamente repetitivo; más aún: se armoniza con las estaciones. Difícilmente sorprende que los antiguos lo consideraran importante. Junto al ciclo de la noche y el día, y al de las fases de la Luna, la oscilación anual del Sol a lo largo del horizonte es uno de los períodos más universalmente reconocidos que ocurren en el ambiente natural.

Como hay razones para creer que los pueblos antiguos recurrieron a observaciones solares del horizonte, un examen más detenido de este desplazamiento podría convenir a nuestras consideraciones futuras. A grandes latitudes, como la de Stonehenge (51° N), en la que el desplazamiento anual del Sol es considerable, se aprecia con mayor facilidad el cambio diario del punto de salida y puesta del Sol. A bajas latitudes,

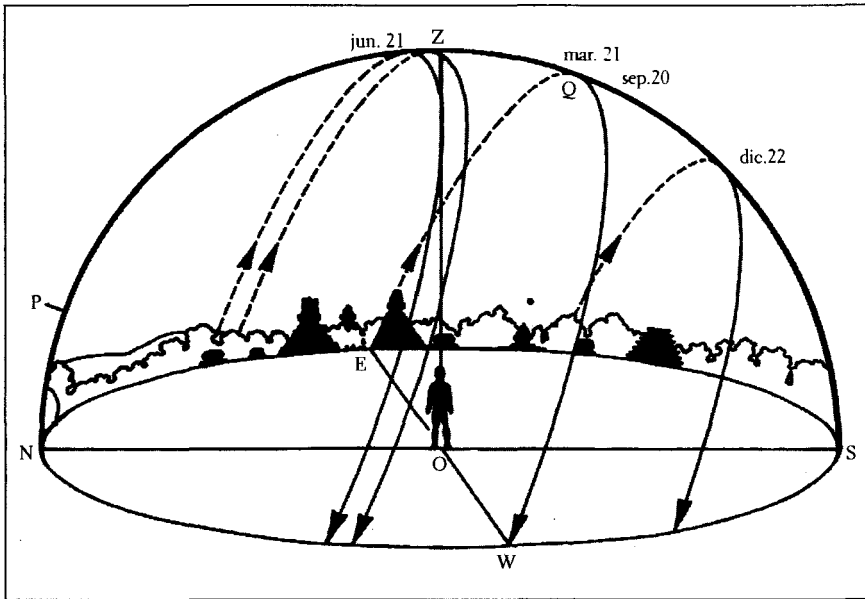


FIGURA 26. El desplazamiento diario del Sol por el cielo se muestra en días importantes del año: el solsticio de verano (21 de junio en el Hemisferio Norte), el solsticio de invierno (21 de diciembre en el mismo hemisferio), los equinoccios (21 de marzo y 22 de septiembre) — todas estas fechas son aproximadas porque empleamos un año bisiesto — y los días de paso por el cenit, Z (dependientes de la latitud). Una vez más, el observador se halla situado en una latitud norte baja. (Diagrama de P. Dunham.)

como aquellas en que florecieron las civilizaciones de México (20° N) y Perú (15° S), la parte del horizonte que cubren anualmente los puntos de orto y ocaso es menor y, por tanto, también lo es su cambio diario. En la figura 27 se comparan a una misma escala los puntos extremos del horizonte en Stonehenge y Teotihuacan. Aunque se exagere el tamaño del Sol, en la comparación se usan horizontes hipotéticos idénticos.

La figura 27 también demuestra que los “puntos del horizonte” del Sol no cambian a una velocidad uniforme en el transcurso del año. Por la época de los equinoccios, cuando el Sol se desplaza cruzando el ecuador, sus puntos de contacto con el horizonte cambian apreciablemente día con día. En las cercanías de los solsticios, cuando el desplazamiento del Sol a lo largo de la eclíptica es más aproximadamente paralelo al ecuador, el cambio es sólo es muy leve. Estos movimientos se comparan en el cuadro 2, que da el acimut del centro del disco solar tal como debe de haber aparecido en el

horizonte astronómico de un observador situado a una latitud de 20° N hacia la fecha del equinoccio de primavera (A) y cerca del solsticio de verano (B). Los datos incluyen la declinación del Sol en una fecha específica según el *American Ephemeris and Nautical Almanac*, de 1973, el acimut calculado y, en la última columna, el cambio de acimut entre dos fechas sucesivas. Se puede apreciar que, hacia la fecha del equinoccio de primavera, los puntos del Sol en el horizonte se desplazaron casi todos un diámetro solar (30 minutos de arco) al día. Nótese también que en 1973 el equinoccio se produjo entre el 20 y el 21 de marzo (a decir verdad, ello ocurrió en el instante en que la declinación del Sol cambió de $-$ a $+$). Lo que es exactamente el tiempo en que se

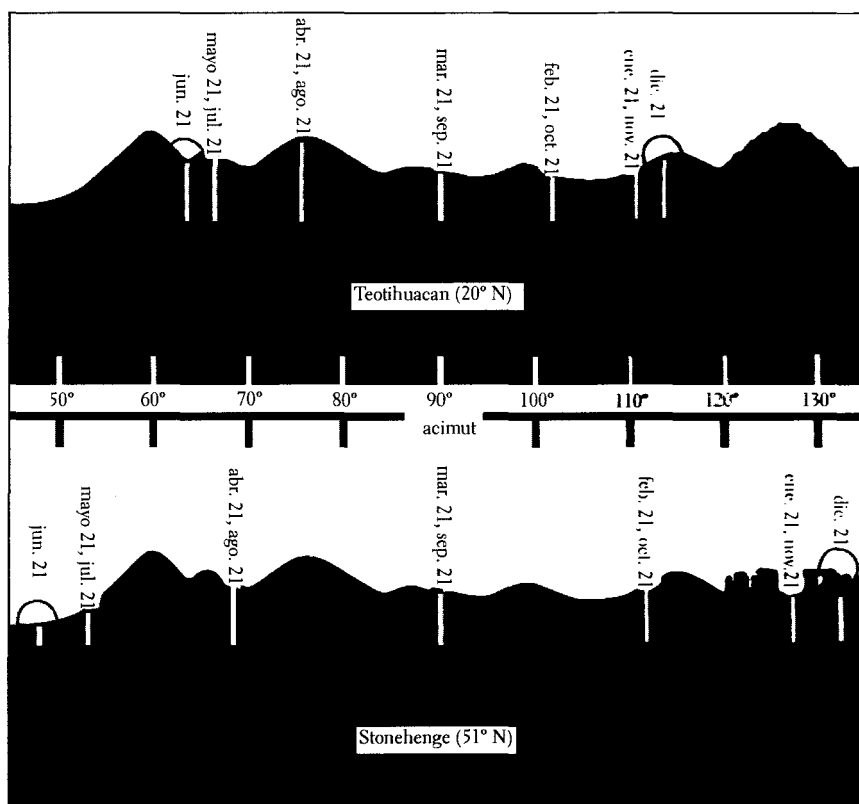


FIGURA 27. Puntos de salida del Sol representados a intervalos de un mes en el transcurso de un año y vistos desde Teotihuacan ($19^{\circ}41'$ latitud N) y Stonehenge en el sur de las Islas Británicas ($51^{\circ}11'$ latitud N). (Diagrama de P. Dunham.)

CUADRO 2. *El acimut de salida del Sol para un observador situado a 20° latitud N*

	<i>Fecha (1973)</i>	<i>Declinación de Sol</i>	<i>Acimut calculado*</i>	<i>Cambio diario de acimut</i>
A. Cerca del equinoccio de primavera	18 de mar.	—1°05'.4	91°09'.6	
	19 de mar.	—0°41'.7	90°44'.5	25'.1
	20 de mar.	—0°18'.0	90°19'.3	25'.2
	21 de mar.	+0°05'.8	89°54'.0	25'.3
	22 de mar.	+0°29'.5	89°28'.7	25'.3
	23 de mar.	+0°53'.1	89°03'.5	25'.2
B. Cerca del solsticio de verano	19 de jun.	+23°25'.3	64°58'.9	
	20 de jun.	+23°26'.1	64°57'.7	1'.2
	21 de jun.	+23°26'.5	64°57'.4	0'.3
	22 de jun.	+23°26'.6	64°57'.4	0'.0
	23 de jun.	+23°26'.2	64°57'.7	0'.3
	24 de jun.	+23°25'.3	64°58'.9	1'.2

*Se supone 1° de elevación respecto al horizonte.

produjo el mayor desplazamiento solar paralelo al horizonte. Sin embargo, en el solsticio de verano la situación fue muy distinta: saliendo alrededor del acimut 65° (25° N del E), el Sol apenas cambió de punto de salida durante la semana en que cayó el 22 de junio; en realidad, entre el 21 y el 22 de junio se desplazó menos de $\frac{1}{10}$ de minuto de arco, o alrededor del diámetro de una moneda de 50 centavos de dólar en un kilómetro. La palabra *solsticio* ciertamente es un término apropiado para describir el comportamiento del Sol en esa época del año: significa en latín “el Sol se detiene”.

Dados esos rudimentarios dispositivos de medición, ¿cómo podían los antiguos detectar cambios diarios en la posición del Sol en el horizonte, especialmente cerca del momento de su detención? En las obras antiguas hemos visto sugerencias de que para señalar el acimut de salida y la puesta de cuerpos celestes se usaban las varas cruzadas (figura 6). Estos simples dispositivos de observación pueden haber consistido en un par de cruces: la de adelante usada como punto de mira, y la de atrás (la cercana al observador) como alza. Este esquema se ilustra en la figura 28. En realidad, también podría servir de mira para ver algún punto distante del paisaje. Estas varas se podían usar para señalar algún alineamiento solar en determinado día del año. En el transcurso de éste, se observaría atentamente el astro a medida que se alejara de la marca.

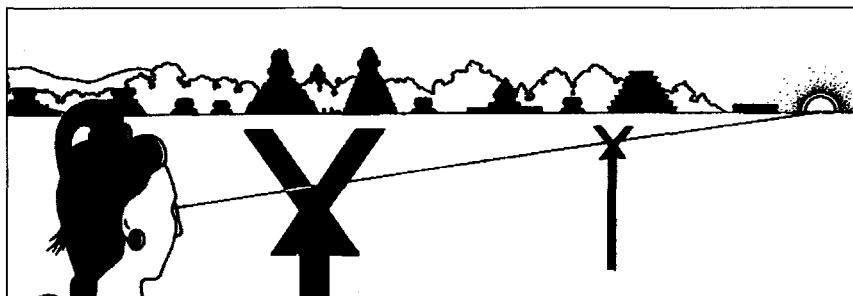


FIGURA 28. *Determinación del orto mediante un par de varas cruzadas. (Diagrama de P. Dunham.)*

Al volver desde la misma dirección a su posición original en las muescas se habría completado un ciclo solar.

Valiéndose de una distancia de 100 metros entre el punto de mira y el alza, un observador avezado podría determinar, en puestas de Sol sucesivas, la diferencia de acimut de un par de días en la proximidad de los equinoccios (alrededor de un diámetro solar), desplazando horizontalmente sus varas posteriores alrededor de 80 centímetros entre una y otra fecha. Si se le encomendara la misma tarea en las cercanías del solsticio, el movimiento de las varas por necesidad tendría que ser casi 100 veces menor, como lo indica el cuadro 2. El observador necesitaría alargar la línea de base mediante algún factor adecuado; por ejemplo, el cuadro 2 nos dice que un cambio lateral de la misma magnitud en los solsticios exigiría una línea de base de varios kilómetros de largo.⁵

El investigador moderno que trate de reproducir las antiguas observaciones solares tropieza con el problema de definir el ocaso. ¿Es el momento en que el borde inferior del disco solar es tangencial al horizonte del observador, o cuando el centro geométrico del disco solar llega al horizonte? El punto más fácil de medir tal vez sea el último destello del Sol en el ocaso, cuando el borde superior desaparece tras el horizonte. Ciertamente, ello sería lo más perceptible. El punto de cambio decisivo en la trayectoria del Sol tal vez se calcula con base en una cuenta del número de días que el astro necesita para alejarse de algún punto fijo del horizonte, distante unos cuantos grados del solsticio, y luego volver a él.

Porque la Tierra viaja alrededor del Sol a velocidades variables sobre una órbita elíptica, el astro parece desplazarse ligeramente más rápido durante los meses de invierno, cuando la Tierra está más cerca del Sol. El intervalo entre los equinoccios de otoño y

⁵ El cuadro N1 convierte las mediciones angulares a lo largo del horizonte en desplazamiento lineal de un alza hipotética a lo largo de líneas de base de longitud arbitraria.

de primavera es aproximadamente ocho días más corto que la otra “mitad” del año.⁶ De ese modo, si para fines prácticos los antiguos astrónomos habían definido los equinoccios como los puntos medios de tiempo entre los solsticios, y no mediante la salida y la puesta del Sol en los puntos este y oeste del horizonte, el Sol salía alrededor de tres veces su diámetro al norte del punto este y se ponía a la misma distancia al norte del punto oeste en aquellas fechas importantes. Esto parece trivial, pero tal esquema no sería descabellado si se hubiera desarrollado algún sistema astronómico antiguo basado en las observaciones del horizonte. En tal caso, un sistema de coordenadas axiales que utilizara las cuatro “direcciones cardinales” tal vez no fuera perfectamente rectangular, lo cual debería tomarse en cuenta en cualquier examen de las orientaciones astronómicas.

Sabemos que los puntos del horizonte correspondientes a los solsticios y los equinoccios indudablemente intervinieron en el establecimiento de un calendario de estaciones. ¿Hay otras posiciones del Sol que valga la pena considerar? Como se ha señalado con anterioridad, el testimonio etnohistórico en Mesoamérica sugiere que el paso del Sol por el cenit puede haberse usado para fijar fechas en el calendario agrícola. Este paso es un fenómeno que sólo ocurre en latitudes tropicales y muchos indicios indican que otras culturas americanas nativas de esas latitudes también le prestaban atención (véase Aveni, 1981c). En esos días, también pueden haberse señalado los puntos del horizonte para el Sol. En la figura 26 se muestra al Sol al llegar al cenit o zenit, Z, en una latitud norte tropical. El diagrama sugiere que ello sucede varios días antes del solsticio de verano.⁷

⁶ En la actualidad, las duraciones aproximadas de las estaciones en el hemisferio norte son: 91 días para el otoño, 89 para el invierno, 92 para la primavera y 93 para el verano. El invierno es la estación más breve, pero la fecha de paso por el perihelio (punto de máxima aproximación de la Tierra al Sol) también cambia con el tiempo. Hace 10 siglos ocurrió alrededor del 16 de diciembre, hace 20 siglos sucedió el 1° de diciembre. De ese modo, en aquella época el otoño era la estación más corta.

⁷ En aras de la simplicidad, supongamos que el 21 de junio el Sol alcanzó el cenit precisamente al mediodía. ¿Cuál será la latitud del observador (NP) para esta posición? Estudiando la figura 26 notamos que el arco QZ debe ser igual al arco NP, porque POQ es un ángulo recto. (Q es el punto de intersección del ecuador celeste con el meridiano celeste.) Como NP representa tanto la altitud del polo como la latitud del observador y QZ es la declinación de cualquier objeto situado en el cenit, vemos que, para esta posición, la latitud del observador debe ser $23\frac{1}{2}^{\circ}$ N. Dado que la declinación del Sol nunca puede exceder $+23\frac{1}{2}^{\circ}$, vemos que, en realidad, el astro puede alcanzar la posición de arriba sólo para observadores situados entre las latitudes $23\frac{1}{2}^{\circ}$ N y S (para ser exactos $23^{\circ}27'.1$ en la actualidad).

CUADRO N1. Conversión del desplazamiento lineal al de acimut angular

Longitud de la línea de base							
10 m		100 m		1 km		10 km	
DA	EqML	DA	EqML	DA	EqML	DA	EqML
1'	0.3 cm	1'	3.0 cm	1'	30 cm	1'	3 m
30'	9.0 cm	30'	0.9 m	30'	9 m	30'	90 m
1°	18.0 cm	1°	1.8 m	1°	18 m	1°	180 m

DA = Desplazamiento angular; EqML = Equivalente en medida lineal.

CUADRO 3. *Fechas de paso del Sol por el cenit para observadores situados en diferentes latitudes*

<i>Latitud</i>	<i>Fechas*</i>	<i>Número de días N/S del cenit</i>
23½° N	22 de junio	1/364
20° N	21 de may., 24 de jul.	64/301
15° N	1 de may., 12 de ago.	103/262
10° N	16 de abr., 28 de ago.	134/231
5° N	3 de abr., 10 de sep.	160/205
0° N	21 de mar., 23 de sep.	186/179
5° S	8 de mar., 6 de oct.	212/153
10° S	23 de feb., 20 de oct.	239/126
15° S	8 de feb., 3 de nov.	268/97
20° S	21 de ene., 22 de nov.	305/60
23½° S	21 de dic.	364/1

*Las fechas pueden variar $\pm 1^\circ$ debido a las correcciones del año bisiesto. En todo caso se pueden determinar mediante la observación directa con una exactitud de aproximadamente 1° .

En el *Trópico de Cáncer* (23½° latitud N) y en el de *Capricornio* (23½° latitud S), el astro sólo alcanzará el cenit un día del año. Los pasos por el cenit ocurren el 21 de junio en el Trópico de Cáncer y el 21 de diciembre en el Trópico de Capricornio. En el capítulo v hablamos de unas marcas que tal vez se hayan puesto en el Trópico de Cáncer en reconocimiento del paso del Sol por el cenit precisamente en el solsticio de verano. En estas fechas una vara vertical, o gnomon, puesta en los sitios respectivos, no proyectará sombra alguna al mediodía. Para observadores situados entre los trópicos habrá dos fechas de paso del Sol por el cenit espaciadas a igual distancia de los solsticios, una de las cuales caerá el día en que el Sol cruza por el cenit en su desplazamiento hacia el norte a lo largo de la eclíptica, y la otra cuando regresa hacia el sur. Para los observadores más próximos al ecuador terrestre, esas fechas caen en un punto del tiempo más alejado de los solsticios que en las latitudes cercanas a los 23½°. Para una persona situada exactamente en el ecuador, las fechas de paso por el cenit coincidirán precisamente con las fechas de los *equinoccios de primavera y otoño*. En el cuadro 3 se dan las fechas de paso del Sol por el cenit para diversas latitudes y para el número de días que el astro permanece al norte y al sur del cenit en un año calendárico dado.

Las fechas e intervalos vinculados a la latitud 15° N poseen un interés particular porque podrían estar relacionados con el origen de la cuenta sagrada maya de 260 días (véase capítulo iv). La forma elíptica de la órbita terrestre produce apreciables desigualdades entre los pares de latitudes de signo opuesto. El paso por el perihelio, o punto

de la órbita terrestre más cercano al Sol, se produce alrededor del 2 de enero; como la Tierra se desplaza entonces con mayor rapidez, el desplazamiento solar a lo largo de la eclíptica nos parece aún más rápido.

Entre otros fenómenos solares importantes que probablemente hayan registrado las antiguas civilizaciones se incluye el ocaso en determinada dirección o en una fecha especial del año solar. En los apéndices C y D se explican algunos cálculos útiles vinculados a esos fenómenos solares.

LA LUNA, LOS ECLIPSES Y LOS CICLOS DE ECLIPSES

Comparados con el movimiento de oscilación anual simple del Sol, el movimiento aparente y los cambios cíclicos de la Luna son complejos (véase la figura 29). Quizás sea esta misma razón la que condujo a los pueblos antiguos a dedicar tanto esfuerzo para comprender su movimiento. Para los antiguos la Luna no parecía llegar nunca a tiempo, lo que habitualmente se consideraba de mal agüero. De esa suerte, los defectos de la cronología evolucionaron hasta constituirse en medios de predicción del astrólogo antiguo.

Para los observadores primitivos las fases fueron seguramente el aspecto lunar más obvio por registrar. La tradición occidental habla de la carrera del Hombre de la Luna (véase figura 30). Éste empieza su aventura cuando aparece por primera vez la creciente luchando contra el demonio de las sombras, un dragón, que ha devorado a su padre, la

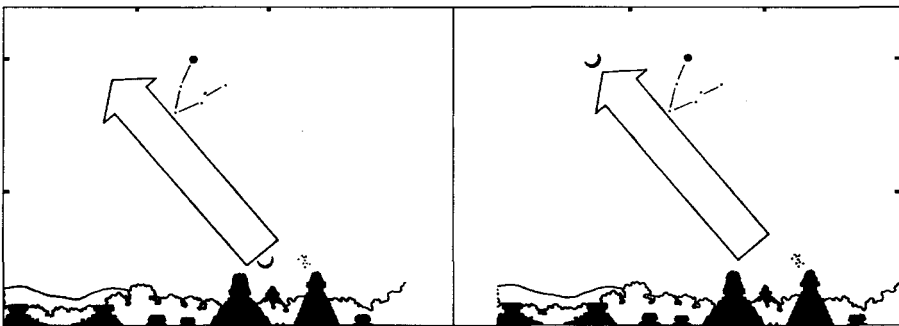


FIGURA 29. Movimiento de la Luna en relación con las estrellas. Estas escenas consecutivas del crepúsculo nocturno en el cielo del oeste revelan que, en el transcurso de un día, la Luna pasa de las Pléyades a las Híades de Tauro una distancia de 13° o alrededor de 25 veces su propio diámetro. (Diagramas de P. Dunham.)

vieja Luna. No bien ha alcanzado el cenit del poder cuando el viejo enemigo que venció a su padre empieza a atacarlo a su vez. Pero, de acuerdo con los antiguos americanos, lo que adornaba la cara del satélite era un conejo (figuras 30e y 67b). Se decía que los dioses aztecas "...se burlaron con la Luna y diéronla con un conejo en la cara, y quedóle el conejo señalado en la cara, y con esto le escurecieron la cara como con un cardenal. Después de esto sale para alumbrar al mundo" (Sahagún, 1985, pp. 431-432). Es probable que esta asociación derive de la casi coincidencia del periodo de gestación de los conejos y la longitud del ciclo de fases de la Luna. Para los mayas, la Luna era esposa del Sol (el ciclo menstrual se prestaba a la relación con la Luna), posiblemente como dos diosas, una que representaba la creciente y la otra a la Luna menguante, como tan frecuentemente se dibuja en los códices.

En la figura 31 se representa el ciclo de las fases de la Luna, en tanto que en la figura 32 se muestra cómo se ven en realidad los cambios de fase en el cielo. Estas ilustraciones se pueden utilizar juntas para estudiar el ciclo de las fases en el transcurso de un mes. En la figura 31 se ha imaginado que la dirección del Sol, que siempre ilumina la mitad de la Luna, permanece fija a lo lejos y a la derecha de la página mientras la Luna circunda la Tierra. La parte de la mitad iluminada que es visible desde la Tierra, esto es, la que vemos en el cielo, se representa en diversas posiciones a lo largo de la órbita.

Luego de perderse por espacio de dos o tres días en el resplandor del Sol para quien observa a simple vista (Schaefer, 1992, estudia cómo y por qué varía este periodo), la Luna se ve primero al oeste como una delgada creciente, a la luz del crepúsculo vespertino, cerca de donde se pone el Sol. En esa ocasión (día 1 en ambas figuras) sólo es visible por unos breves momentos, pues se hunde siguiendo al Sol en el cada vez más oscuro horizonte. A la noche siguiente, la Luna se ha desplazado en su órbita hasta una posición en que se ha abierto el ángulo que se forma entre ella y el Sol (un arco en el cielo), según se ve desde la Tierra. En consecuencia, se aprecia una creciente ligeramente más gruesa, un poco más lejos del Sol y durante un periodo de tiempo mayor (día 2). La tercera noche (día 3), la Luna se ha alejado del Sol lo suficiente para permanecer visible como una gruesa creciente perfectamente bien definida alrededor de una o dos horas después del ocaso. Poco más de siete días después de la Luna nueva, el ángulo que se forma entre la Luna y el Sol mide alrededor de 90° . La Luna ha aumentado al cuarto creciente (esto es, vemos la mitad del disco) y al ocaso alcanza su mayor altura en el *meridiano celeste*. A medida que se acerca a su fase llena, durante la semana siguiente (día 15 en la figura 31), sale progresivamente más temprano, apareciendo primero en el ocaso, cuando está llena, en dirección opuesta al punto en que el Sol se pone. Durante la segunda mitad de su ciclo de fases, la Luna mengua, siendo visible únicamente en los cielos a altas horas de la noche y primeras horas de la ma-

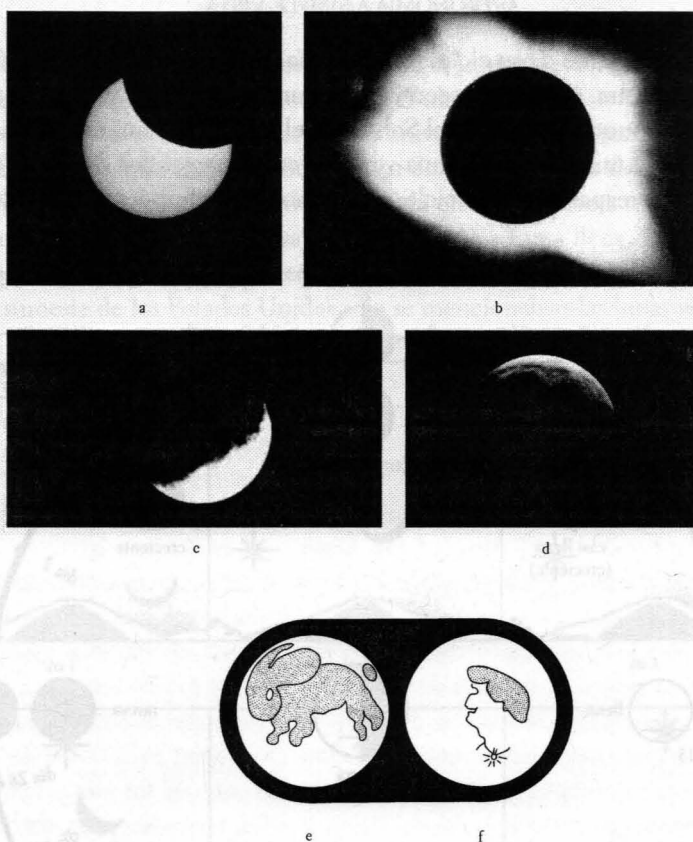


FIGURA 30. Eclipses de Sol y de Luna. a) Eclipse parcial de Sol. La Luna nueva ha ocultado alrededor de una tercera parte de la superficie solar visible al pasar entre la Tierra y el Sol; b) eclipse total de Sol. Los observadores que tengan la suerte suficiente de estar en el lugar adecuado en el momento preciso presenciarán el ocultamiento total del disco solar, que les revelará así la pálida luz de la corona solar rodeada de un cielo oscuro tachonado de estrellas brillantes y de planetas; c) eclipse parcial de Luna. En esta fotografía, la sombra de la Tierra avanza por la superficie lunar cubriendo cerca de sus dos terceras partes; d) el eclipse total de Luna con frecuencia da al disco lunar un matiz rojo sangre. La intensidad del color cambia de un eclipse a otro, dependiendo de la condición de la atmósfera terrestre. Con base en fotografías se dibujan e) el conejo mesoamericano de la Luna junto con f) nuestro hombre occidental de la Luna. Estas figuras se reconocen con mayor facilidad a simple vista que con telescopio. En las figuras 9 y 67b pueden verse algunas representaciones de estos fenómenos y estas figuras en los códices. (Diagramas de P. Dunham.)

ñana y, hacia el término de su ciclo, en pleno día. En la figura 32 la sucesión inferior de imágenes muestra, en días consecutivos, la Luna menguante cada vez más delgada que se acerca al punto en que sale el Sol, hacia el término de un mes lunar. El día 29 (no incluido) la Luna desaparece una vez más en el resplandor del Sol y el ciclo se renueva cuando reaparece en el cielo vespertino. Me referiré a la edad de la Luna

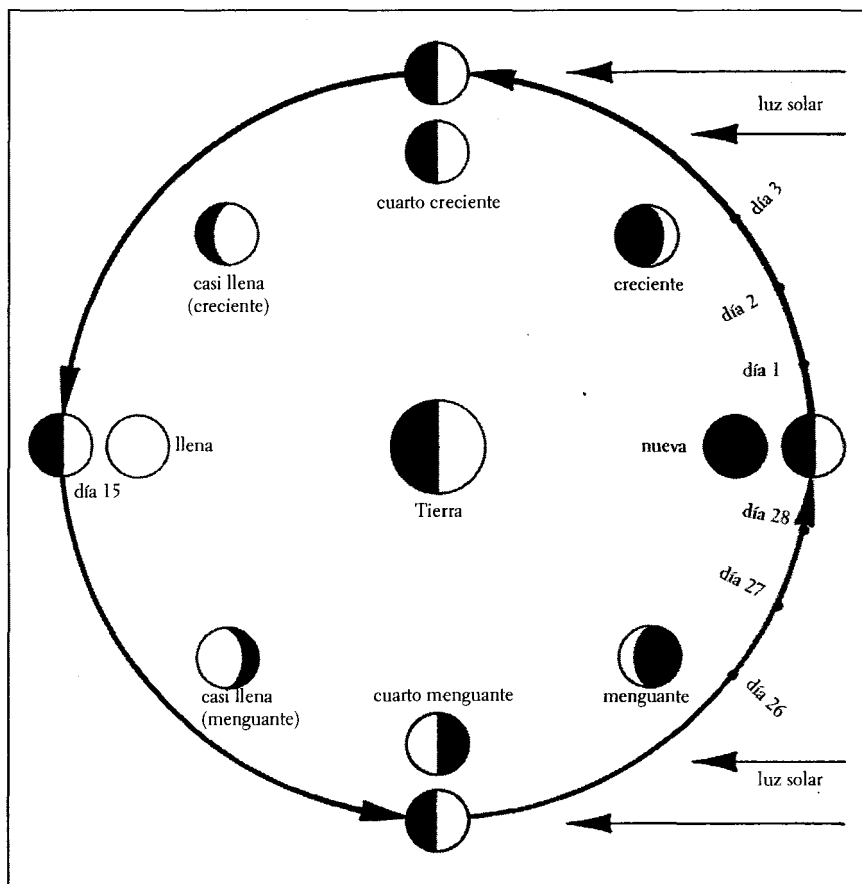


FIGURA 31. Las fases cíclicas de la Luna son resultado de la exposición de un observador situado en la Tierra a distintas proporciones de la parte iluminada del satélite. El ciclo se completa aproximadamente en $29\frac{1}{2}$ días. El desplazamiento de la Luna se representa mediante flechas gruesas, mientras que los dibujos interiores muestran el aspecto de la cara de la Luna en ese punto del ciclo. (Diagrama de P. Dunham.)

como el número de días transcurridos a partir de la Luna nueva. Así, el primer cuarto de Luna tendrá aproximadamente siete días y el último 21.

Aunque el ciclo de las fases era reconocido universalmente, los astrónomos antiguos lo registraban de distintas maneras. Se contaba como un periodo de 29 o 30 días que empezaba con la primera aparición de la delgada creciente, pero a menudo el mes se contaba de Luna nueva a Luna nueva o de Luna llena a Luna llena. En el capítulo IV veremos que los mayas lograron medir el mes lunar con gran exactitud. Entre los indios del suroeste de los Estados Unidos sólo se mencionaban las lunas *visibles* de un

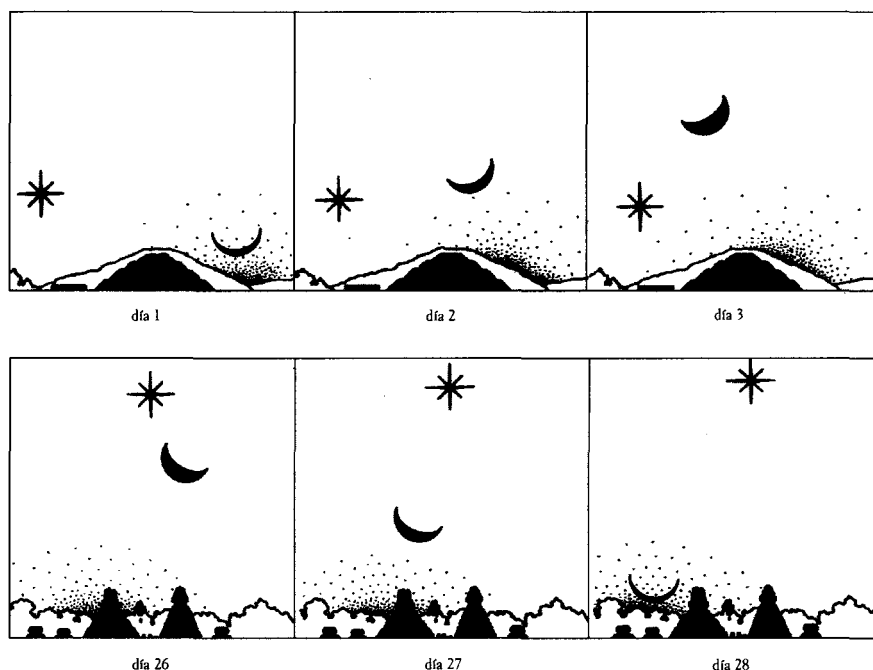


FIGURA 32. La Luna creciente como en realidad aparece en el cielo de occidente una hora después del ocaso en tres noches sucesivas (días 1, 2 y 3). Nótese que la creciente lunar empieza a llenarse o a “crecer” a medida que asciende por arriba de una estrella (la que apenas parece desplazarse con respecto al Sol). A fin de mes la Luna menguante se dibuja en el este, antes de salir el Sol, en tres noches sucesivas (días 26, 27 y 28) del ciclo de las fases lunares. El satélite desciende por debajo de otra estrella a medida que se acerca al Sol. En el vigésimo noveno día la Luna entra en la nueva fase y se hace invisible por perderse en la luz del Sol. Las posiciones aproximadas de orto y ocaso del Sol se indican mediante el resplandor crepuscular. (Diagrama de P. Dunham.)

ciclo, de suerte que como cuenta lunar más importante aparece el número 28 y no el 29 o el 30 (véanse las exposiciones sobre la rueda de medicina en el capítulo v).

El intervalo entre pasos sucesivos de la Luna por la misma estrella se llama mes *sideral*, de la palabra latina *sidus*, que significa estrella; esto es, se trata de un mes medido por las estrellas. Los astrónomos modernos han determinado que la duración del mes sideral es 27.32166 días. De ese modo, si la Luna aparece en cierta posición en la constelación de Tauro esta noche, el observador puede estar seguro de que volverá a la misma posición al cabo de $27\frac{1}{3}$ días.⁸ No obstante, en virtud del número fraccionario de días de que consta el periodo sideral, la Luna ocupará esa posición aproximadamente $\frac{1}{3}$ de día (ocho horas) en horas posteriores de la noche. Si el observador hace el primer registro nocturno a medianoche, debería hacer el segundo un mes sideral después, a las 8 a.m., cuando el Sol ya ha salido y en el trasfondo las estrellas han dejado de ser visibles. Desde un punto de vista puramente empírico, tal vez fuera conveniente imaginar que los meses siderales transcurren en grupos de tres. Así, al cabo de un periodo de $3 \times 27\frac{1}{3} = 82$ días, la Luna llegará a su posición original en Tauro a la misma hora de la noche. Por simple conveniencia, al señalar el movimiento de la Luna entre las constelaciones, los astrónomos antiguos tal vez hayan concedido mayor importancia al periodo de 82 días que al de $27\frac{1}{3}$. En el capítulo II, pp. 68-69, se da un ejemplo.

El mes lunar sideral a menudo se confunde con el mes *sinódico*, mes de las fases descrito con anterioridad, del que se deriva nuestro moderno aunque un tanto inexacto mes calendárico. Según determinaciones modernas dura 29.53059 días. Si bien la Luna, la Tierra y la estrella han vuelto a alinearse al cabo de un mes sideral, se necesitará más tiempo para que la Luna, la Tierra y el Sol vuelvan a estar en línea.⁹ Esto no ocurrirá hasta que la Luna haya descrito el arco CD en la figura N1 de la nota 9, que muestra un diagrama sinóptico de los eclipses lunares y solares.

⁸ Lo anterior sólo es aproximadamente cierto. Como hemos de ver, *también cambia el plano de la órbita de la Luna*, de suerte que ésta nunca puede trazar un circuito cerrado con respecto a las estrellas. Su órbita aparente en el cielo es de extremo abierto. Hacia la época en que la Luna vuelve a la región de la misma estrella que ocultaba un mes sideral atrás, en realidad pasa ligeramente al oeste de ella. En todo caso, se necesitarían observaciones y promedios muy especializados durante una base temporal muy prolongada para deducir exactamente el periodo sideral.

⁹ La figura N1 ayudará a demostrar por qué la Luna parece desplazarse respecto al Sol y a las estrellas a diferentes velocidades. En este diagrama (arriba) supongamos que una línea recta conecta la Luna, la Tierra y el Sol y que un observador ubicado en O sobre la superficie terrestre observa a la Luna en la posición A del cenit (EO es el plano del horizonte). Dado que la Luna se encuentra directamente opuesta al Sol a lo largo de la línea AO en ese momento, el observador verá una Luna llena. Supongamos además que en ese momento la Luna oculta a una estrella distante, R. (Los astrónomos definen una *ocultación* como el paso de la Luna o de cualquiera de los planetas frente a una estrella o de la Luna frente a cualquiera de los planetas. El término eclipse está reservado únicamente para las interacciones entre el Sol y la Luna.) Un día después el observador ha experimentado una rotación completa de la Tierra (en sentido opuesto a las manecillas del reloj en el diagrama) y la estrella R ha vuelto al cenit. Entretanto, la Luna se ha desplazado ligeramente al este de su posición original al punto B. El observador la ve descender un poco detrás de la posi-

Con cierta comprensión de la diferencia entre los periodos sinódico y sideral de la Luna, ahora estamos en posición de analizar el funcionamiento de uno de los fenómenos más grandiosos de la naturaleza: los eclipses, que deben presenciarse para ser apreciados verdaderamente. Si el plano de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra coinci-

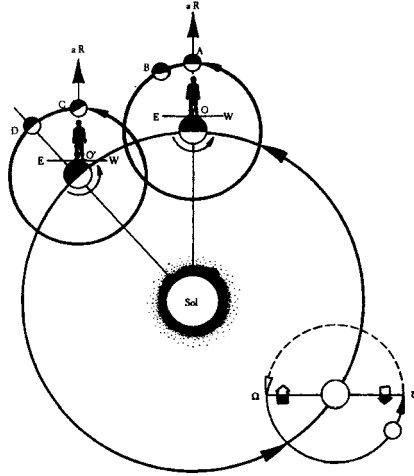


FIGURA N1. Mes sideral y mes sinódico contrastados.

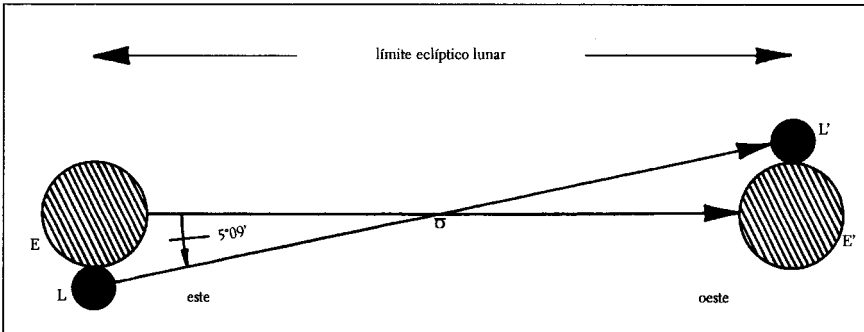


FIGURA N2. El límite eclíptico lunar.

ción de la estrella y salir progresivamente después de la **estrella** (alrededor de $\frac{3}{4}$ de hora después por día). El siguiente alineamiento del observador, la Luna y la **estrella** ocurrirá cuando la Tierra se encuentre en la posición O'. El observador ve luego a la Luna en la **posición C del cenit**. Como la distancia de la Tierra a la estrella es millones de veces mayor que la distancia de la **Tierra al Sol**, las direcciones OA y O'C a la estrella son esencialmente paralelas. Si bien la Luna, la Tierra y la **estrella se han realineado** al cabo de un **mes sideral**, tomará más tiempo para que la Luna, la Tierra y el **Sol vuelvan a la alineación**. Esto no sucederá hasta que la Luna haya descrito el arco CD. Habiendo **completado un mes sinódico** o ciclo de sus fases, la Luna vuelve a ser llena. (Diagrama de P. Dunham.)

cidiera con el de la órbita de la Tierra alrededor del Sol ocurriría un eclipse de Luna cada Luna llena cuando los tres se alinearan exactamente. Los eclipses solares ocurrirían dos semanas después en Luna nueva, cuando la Luna quedara entre la Tierra y el Sol. Pero la órbita de la Luna está inclinada $5^{\circ}09'$ con respecto al plano eclíptico. Los puntos de intersección de la eclíptica y la órbita lunar se llaman *nodo ascendente* (Ω) y *nodo descendente* ($\oslash$) de la órbita de la Luna.¹⁰

Un observador terrestre situado en el centro de la órbita lunar ve a la Luna oscilar hacia atrás y hacia delante de la eclíptica, llegando hasta $5^{\circ}09'$ al norte de ella y a la misma distancia angular al sur. Supongamos que cuando la Luna alcance el punto norte más lejano con respecto a la eclíptica y el Sol se encuentre en el solsticio de verano, entonces la declinación será máxima: $23^{\circ}27' + 5^{\circ}09'$, o sea, $+28^{\circ}36'$. Inversamente, en el límite sur, que coincidiría con una Luna nueva o llena en el solsticio de invierno, sería $\delta = -28^{\circ}36'$. (En efecto, la Luna llena en el solsticio de invierno toma el lugar del Sol en el solsticio de verano y a la inversa.) A esos límites se les llama también “detenciones lunares” o “lunisticios”. Un pequeñísimo balanceo en la órbita lunar, con periodo de 173.31 días, puede alargar la distancia $9'$ más en ambas direcciones.¹¹ Aunque el desplazamiento de 5° sea detectable con facilidad, podemos aplicar el principio de observación de las varas cruzadas examinado con anterioridad para deducir que un levísimo desplazamiento como el balanceo de $9'$ sólo se detectaría merced a una línea de base muy larga y a observaciones repetidas. El registro cronológico del balanceo podría ofrecer, obviamente, medios excelentes para predecir eclipses, aunque esta posibilidad todavía tiene que ser documentada entre los observadores del cielo del Viejo Mundo (Ruggles, 1999). El testimonio escrito que se examina en el capítulo IV demostrará que los mayas tenían un procedimiento más fácil.

¿Con qué frecuencia llega la Luna a sus detenciones? Evidentemente, cada vez que los nodos coinciden con los equinoccios. Pero la línea de nodos tiene un desplazamiento este-oeste, recorriendo en la eclíptica un ciclo completo en 18.61 años. Como ese desplazamiento (contrario al de las manecillas del reloj) es opuesto a la dirección oeste-este de otros desplazamientos descritos en la figura (representados en el núm. 9, figura N1) se le llama *regresión de los nodos*. Así, las declinaciones extremas y, por tanto, los puntos extremos norte y sur del ocaso lunar a lo largo del horizonte local se alcan-

¹⁰ En la parte inferior derecha de la figura N1 se vuelve a mostrar la órbita lunar. El plano de la órbita terrestre está representado por el plano del papel. La parte intermitente representa la mitad de la órbita lunar sepultada bajo el plano del papel, esto es, cuando la Luna queda al sur de la eclíptica; la parte continua representa el segmento orbital situado sobre el plano del papel, cuando la Luna se halla al norte de la eclíptica. A la línea que conecta los *nodos ascendente* (Ω) y *descendente* ($\oslash$) de la órbita de la Luna se le denomina *línea de nodos*.

¹¹ Siendo e = la oblicuidad de la eclíptica e i = la inclinación lunar, se dice que una *detención* mayor ocurre en $\pm (e + i)$ y una detención menor en $\pm (e - i)$.

zan a intervalos de $18\frac{2}{3}$ años. Los últimos puntos extremos se alcanzaron a fines de 1987 y volverán a alcanzarse en 2006 y 2025.

Un eclipse sólo se produce cuando hay Luna nueva o Luna llena cerca de uno de los nodos de su órbita. En el primer caso tendremos un eclipse de Sol, en tanto que en el segundo se producirá un eclipse de Luna.¹² En la figura 33 el Sol, la Tierra y la Luna (las dos últimas muy exageradas de tamaño) están casi alineados. A la Luna se le representa en dos posiciones, L y L', de su órbita. Para el caso de que se trata, la línea de nodos (Ω/Υ) coincide con la línea que une a la Tierra y al Sol. Cuando la Luna nueva está en L, el ápice de su cono de *sombra* (la parte central más oscura) está a punto de caer sobre la Tierra, después de lo cual describirá un arco sobre el globo terrestre. Como la longitud de la sombra de la Luna es, por coincidencia, aproximadamente igual a la distancia de la Tierra a la Luna, la amplitud del arco será muy reducida. Los observadores terrestres apostados dentro de la estrecha zona de sombra verán un eclipse total de Sol, mientras que aquéllos situados en la *penumbra* presenciarán un eclipse parcial del astro.

Como la distancia de la Tierra a la Luna es variable, la punta del cono de sombra puede alguna vez no llegar a la superficie de la Tierra. Entonces, el disco de la Luna

¹² Si examinamos más detenidamente las circunstancias en que ocurren los eclipses nos vemos convidados a una abundancia de observaciones a simple vista a ese respecto. Con el fin de determinar de manera más precisa la frecuencia con que ocurren los eclipses, el lector debe consultar el diagrama de la astronomía occidental en que se amplía la región que rodea al nodo descendente en el momento de un eclipse lunar (figura N2). Luego volveremos al examen de los ciclos de eclipses derivados de ese modo. Los planos orbitales se muestran ahora perpendiculares al papel. MM' es un segmento de la órbita lunar y la Luna entra en el dibujo por la parte superior derecha (oeste); EE' es una parte de la eclíptica. La sección transversal de la sombra cónica de la Tierra, una mancha oscura circular que viaja a lo largo de la eclíptica en oposición al Sol, se ve entrar en la imagen por la derecha y también se desplaza de oeste a este; Υ es el nodo descendente. Las configuraciones de la Luna y la sombra de la Tierra, que se muestran en los extremos opuestos de la figura, difícilmente son compatibles con el acaecimiento de un eclipse de Luna porque los dos cuerpos apenas se tocan en ambos casos. Así, el disco lunar y la sombra de la Tierra no necesitan coincidir precisamente en el nodo para que se produzca un eclipse. El *límite eclíptico lunar* se define como la zona que rodea al nodo, dentro de la cual puede producirse un eclipse de Luna. Dado que la dimensión del satélite Luna es de $\frac{1}{2}^\circ$ y que el diámetro de la sombra de la Tierra a la distancia de la Luna es de aproximadamente $1\frac{1}{2}^\circ$, un simple cálculo geométrico demostrará que el límite eclíptico lunar (que alcanza ambos lados del nodo) es un arco de la eclíptica de aproximadamente 25° de largo o cerca de 7% de la longitud de la eclíptica. Ahora bien, la sombra de la Tierra pasa al este a lo largo de la eclíptica a razón de 1° por día, imitando el desplazamiento del Sol. De ese modo, se necesitan 25 días para cruzar el límite de la eclíptica lunar. Una Luna llena será eclipsada si se encuentra en cualquiera de esos días, es decir, dentro de los 12 o 13 días de su paso por el nodo. Pero una Luna llena ocurre cada mes sinódico o $29\frac{1}{2}$ días. En consecuencia, es posible que la sombra de la Tierra entre dentro del límite eclíptico lunar y lo abandone mientras la Luna permanece completamente fuera de la zona de eclipses. Concluimos que no necesariamente debe ocurrir un eclipse lunar a cada paso por el nodo, pero que ese eclipse podría ocurrir.

La situación es distinta en lo tocante a los eclipses solares. El *límite eclíptico solar* es una región de 31° de largo, dentro de la cual deben situarse el Sol y la Luna llena a fin de que se produzca un eclipse solar. Como el Sol necesita más de $29\frac{1}{2}$ días (el intervalo entre lunas nuevas) para atravesar el límite eclíptico solar, concluimos que debe haber un eclipse solar cada vez que el Sol pasa por un nodo y, aún más, que puede haber un par de eclipses del astro a un mes sinódico de distancia en el mismo nodo. En contra de la

nueva no cubrirá totalmente al Sol, de suerte que como resultado **habrá un eclipse anular** del astro. Éste recibe su nombre por la aparición de un anillo brillante, o *annulus*, de luz solar alrededor del disco del Sol, oscurecido totalmente. Cuando la Luna se halla lo más próxima a la Tierra su cono de sombra alcanza su anchura máxima, aproximadamente unos 300 kilómetros sobre la superficie terrestre. Entonces el disco lunar cubre fácilmente la superficie del Sol y éste puede ser eclipsado por entero hasta durante siete minutos; esto último fue lo que ocurrió en 1973.

Cuando la Luna está del lado opuesto de la Tierra respecto al Sol se produce un fenómeno distinto. En *L'*, a punto de entrar en la penumbra, la Luna llena, o parte más clara de la sombra de la Tierra, pasará luego al cono de sombra, momento en el cual será eclipsada en su totalidad. La sombra de la Tierra es aproximadamente tres veces más larga que la distancia entre la Tierra y la Luna. En la posición de la órbita lunar, la anchura de la sombra es casi el triple del diámetro de la Luna (aspecto éste minimizado en la figura). Como resultado, se necesita un tiempo considerable para que la Luna pase por la sombra. Transcurrirá una hora entre el momento en que la sombra de la Tierra toque el disco de la Luna y en que ésta haya sido eclipsada en su totalidad. Entonces sólo queda iluminada por el espectro de luz refractada a través de la atmósfera terrestre, brilla con luz mortecina y toma un matiz rojo oscuro. Así, descubrimos que un eclipse solar es un fenómeno fugaz visible sólo en la reducida área geográfica en que la punta de la sombra de la Luna toca la Tierra, mientras que un eclipse de Luna, desde el principio de la fase parcial en que la Luna entra en la penumbra hasta el momento en que sale de ella, brinda toda una noche de entretenimiento celeste, y lo observa más de la mitad del mundo.

creencia popular, los eclipses de Sol son más frecuentes que los eclipses de Luna. Sin embargo, debemos recordar que los espectadores del acaecimiento lunar correspondiente son inmensamente más numerosos.

Permítaseme explicar estos principios con un ejemplo específico. Supongamos que el Sol se halla cerca del nodo descendente el 1° de enero de un año dado y que en esa fecha tiene lugar un eclipse de Luna. Cuando pueda ocurrir un nuevo eclipse de Luna, el Sol se hallará en el nodo descendente o en sus proximidades. Pero los nodos regresan en dirección opuesta al desplazamiento del Sol, completando un circuito en 18.6 años. En un año se habrán desplazado $(\frac{1}{18.6}) \times 360^\circ$ o $19^\circ.4$ en dirección oeste. De ese modo, el Sol habrá vuelto al nodo descendente alrededor de 19 días antes de cumplirse un año o 346 días después. El astro llegará al nodo ascendente 173 días después del 1° de enero o del 22 de junio; alrededor de esta fecha debería ocurrir el segundo eclipse lunar. Un tercer eclipse puede ocurrir alrededor del 12 de diciembre o 346 días después del 1° de enero. Consecuentemente, en un año estacional pueden producirse hasta tres eclipses de Luna.

En cambio, suponiendo que nuestro eclipse del 1° de enero fuera solar, podríamos encontrar que a la siguiente Luna nueva ocurra un segundo eclipse de Sol, alrededor del 30 de enero, pero el astro podría deslizarse fuera del borde del límite eclíptico solar. Éste sería un posible acaecimiento si el eclipse del 1° de enero hubiera ocurrido en el extremo occidental del límite eclíptico. El siguiente par de eclipses solares ocurriría alrededor del 22 de junio y el 21 de julio y otro más podría observarse alrededor del 12 de diciembre y el 10 de enero. Como esta última fecha cae en el siguiente año calendárico, concluimos que en un año dado no pueden ocurrir más de cinco eclipses, en tanto que el mínimo serían dos, uno en cada primera Luna nueva que se produzca en los pasos nodales dados. Rara vez se satisfacen estas condiciones extremas y es frecuente que muchos de esos eclipses sólo sean parciales.

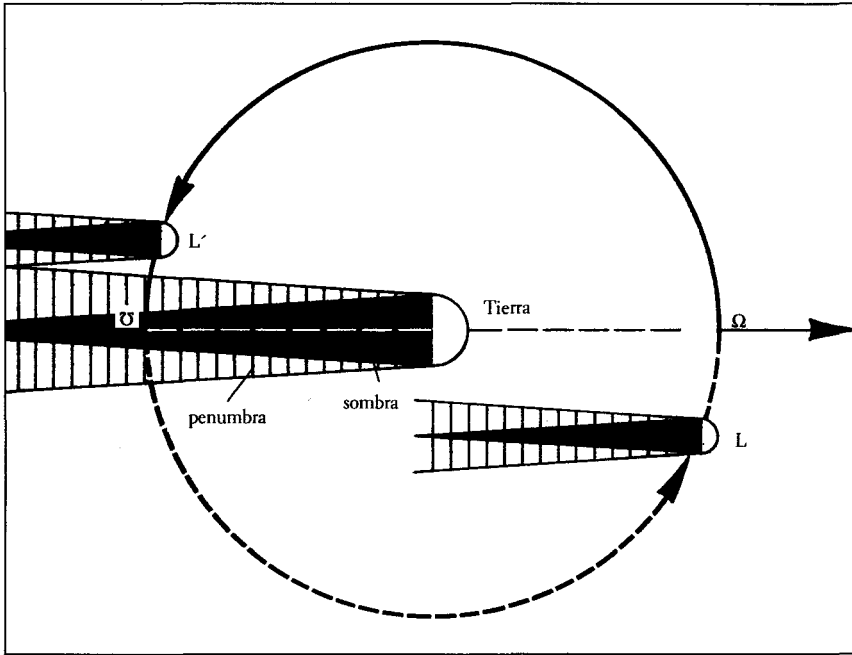


FIGURA 33. Condiciones para un eclipse de Sol (con la Luna en L) y un eclipse de Luna (con la Luna en L'). Un eclipse sólo puede ocurrir cuando los nodos de la órbita de la Luna (Ω , $\oslash$) se alinean con la Tierra y el Sol, que queda en dirección de la flecha. (Diagrama de P. Dunham.)

La predicción de eclipses debe haber sido una dura prueba para los astrónomos antiguos. Podemos anticipar algunos de sus métodos para hacerla compilando una lista de las fechas exactas en que ocurrieron esos deslumbrantes fenómenos celestes. Presumiblemente, los observadores antiguos que tenían un sistema de notación registraban estas listas de acontecimientos valiéndose de sus observaciones históricas para descubrir patrones capaces de generar predicciones de fenómenos futuros. En el cuadro 4 se examina el registro de eclipses para el decenio 1980-1990, que constituirá nuestro registro histórico. (Véase una lista de eclipses futuros en Littmann, Willcox y Espenak, 1999.) En el nivel más elemental, podemos apreciar, asociada a los eclipses, cierta regularidad que merecería ser notada hasta por los observadores más ocasionales del firmamento. Así, considerando los eclipses de Luna (porque son visibles con mayor frecuencia que los eclipses de Sol) encontramos aplicable el siguiente conjunto de reglas simples:

1) Una vez ocurrido un eclipse de Luna, nunca se produce un segundo en un intervalo menor de seis meses.

2) El segundo eclipse de Luna habitualmente va seguido de un tercero al cabo de otro intervalo de seis meses.

3) Series de tres, cuatro o cinco eclipses de Luna se siguen una tras otra de la manera indicada, por ejemplo:

1981, 17 de julio; 1982, 9 de enero, 6 de julio, 30 de diciembre; 1983, 25 de junio. (Serie 1)

1985, 28 de octubre; 1986, 24 de abril, 17 de octubre. (Serie 2)

1988, 27 de agosto; 1989, 20 de febrero, 17 de agosto. (Serie 3)

4) Con frecuencia se produce una laguna en determinada cadena de eclipses. En tales ocasiones, o el eclipse es penumbral o bien se produce durante el día. En este caso, la laguna podría ser llenada por un astrónomo suficientemente sagaz para reconocer que, en vísperas del eclipse programado, la hora en que se pone la Luna (casi) llena podría usarse para determinar si el eclipse será visible por la noche. De ese modo, si el eclipse fuera a ocurrir esa noche y no al día siguiente, la Luna estaría un poco más cerca de ocupar una posición 180° opuesta al Sol en su salida; por tanto, en esas ocasiones se pondría un poco más tarde.

5) Una vez concluida una serie de tres o cuatro eclipses (es decir, no ocurre otro eclipse en el intervalo esperado), el astrónomo podría mirar unos años adelante para encontrar una nueva serie, que empezará uno o dos meses antes de la posición prevista para un eclipse de la serie anterior si ésta se hubiese prolongado (por ejemplo, una nueva serie empieza el 28 de octubre de 1985; pero proyectando la serie concluida el 25 de junio de 1983, llegaríamos a una fecha anticipada de fines de noviembre para el eclipse de 1985).

Por eso, si los antiguos observaban un eclipse que seis, 12 o 18 meses antes no había sido precedido por otro, sabían que había empezado una nueva serie y que podrían predecir futuros eclipses para seis y, probablemente, 12 meses después. Desde luego, debemos comprender que cuanto más dure en una cultura la tradición de escudriñar el cielo, mayor oportunidad habrá de detectar ciclos y periodicidades de eclipses confiables. A fin de cuentas, todos los sistemas astronómicos antiguos derivados tanto del banco de datos del astrónomo antiguo, que facilitaba los patrones de reconocimiento, como de los métodos para calcular eclipses se centraban en producir sistemas de advertencia, esto es, el señalamiento de días en que podrían ocurrir eclipses. Constantemente debemos tratar de ver los fenómenos con los ojos del astrónomo antiguo.

Volvamos a nuestro registro histórico reciente para explicar cómo pueden conducir a la predicción los patrones eclípticos. De los 35 eclipses incluidos en el cuadro 4, que

ocurrieron en la década de los ochenta, 22 fueron solares. De ellos, hubo 14 totales y cinco anulares. Dos fueron vistos como anulares en parte de su trayectoria de totalidad y como totales en el resto de ella. El año del decenio más propicio para los eclipses fue 1982, con un total de siete, tres lunares y cuatro solares. Ese año empezó con un eclipse de Luna cerca del nodo ascendente el 9 de enero. Dos semanas después, en Luna nueva y con el astro en el mismo nodo, tuvo lugar un eclipse parcial de Sol. Cuando éste alcanzó la región de eclipses cercana al nodo descendente ocurrieron tres eclipses, un par de ellos solares en lunas nuevas el 21 de junio y el 21 de julio, y un eclipse lunar en Luna llena ocurrido entre ambas fechas (6 de julio). Ambos eclipses solares fueron parciales, teniendo lugar el primero cuando el Sol estaba al oeste del nodo y el segundo cuando se encontraba muy al este. Finalmente, el Sol volvió al nodo ascendente a fines de año, época en que tuvieron lugar dos eclipses más. En contraste, 1980 fue el año de eclipses más raquítico del decenio con sólo dos, en ambos casos de Sol.

Para ahondar en la investigación del potencial de predicción del banco de datos de los eclipses históricos, examinemos brevemente el número de días transcurridos entre los eclipses enumerados en el cuadro 4. Los intervalos, que están tabulados en la tercera columna del cuadro, se pueden dividir en cuatro grupos: 162-163, 147-149, 175-178 y 14-16 días. Dada la exposición siguiente sobre las condiciones necesarias para la producción de eclipses no debe sorprendernos que esos intervalos se hagan notar. El último es la mitad de un periodo sinódico y los demás son múltiplos integrales o semiintegrales del mes sinódico. El intervalo de 177 días representa seis lunas, el de 163 equivale a $5\frac{1}{2}$ mientras que cinco son iguales a 148 días. Como hemos de ver en el capítulo IV, los mayas empleaban una cuenta alterna de cinco y seis lunas para prever el posible acaecimiento de eclipses.

Los tres intervalos largos representan los números integrales o semiintegrales de los meses sinódicos más cercanos al medio año de eclipses de 173 días y un tercio. Lo que, como se recordará, es el tiempo necesario para que el Sol pase de uno a otro nodo. El intervalo entre pasos sucesivos por un mismo nodo, 346 días, se llama año de eclipses. Como lo demuestra el cuadro 4, los eclipses sólo se pueden producir en “temporadas de eclipses” separadas aproximadamente por medio año de eclipses. Nótese que las fechas de paso nodal retroceden a lo largo del calendario estacional, que a principios de la década cayeron en febrero y agosto y a mediados de ella en noviembre y mayo. En 1989 la primera temporada habrá retrocedido hasta agosto y la segunda hasta febrero. En 1998 —un periodo de regresión nodal completo después de 1980— cada una de las temporadas habrá retrocedido enteramente a lo largo de 12 meses para reasumir su posición original.

Nuestro breve examen de la efemerides de eclipses para los años 1980-1989 demuestra que mediante la observación de eclipses en un periodo relativamente corto se

CUADRO 4. *Eclipses de Sol y de Luna durante los años 1980-1989*

<i>Fecha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Días para el siguiente eclipse</i>	<i>Fase</i>	<i>Región de visibilidad de los eclipses anulares o totales de Sol**</i>
1980: 16 de feb.	solar	176	total	Atlántico del Norte, África Central, India, China
10 de ago.	solar	178	anular	
1981: 4 de feb.	solar	163	anular	Pacífico Central, Centro de América del Sur
17 de jul.	lunar	14	parcial	Pacífico del Sur
31 de jul.	solar	162	total	Mar Caspio, Siberia, Pacífico del Norte
1982: 9 de ene.	lunar	16	total	Océano Índico del Sur, Malasia, Nueva Zelanda
25 de ene.	solar	147	parcial	
21 de jun.	solar	15	parcial	
6 de jul.	lunar	14	total	
21 de jul.	solar	148	parcial	
15 de dic.	solar	15	parcial	
30 de dic.	lunar	163	total	
1983: 11 de jun.	solar	14	total	
25 de jun.	lunar	162	parcial	
4 de dic.	solar	178	anular	
1984: 30 de mayo	solar	175	total-anular*	Atlántico del Norte, África Central
22 de nov.	solar	163	total	Pacífico Central, norte de México, sur de Estados Unidos, Atlántico del Norte, África del Norte
1985: 4 de mayo	lunar	15	total	Nueva Zelanda, Pacífico del Sur
19 de mayo	solar	162	parcial	Pacífico del Sur, Antártida
28 de oct.	lunar	15	total	
12 de nov.	solar	148	total	
1986: 9 de abr.	solar	15	parcial	
24 de abr.	lunar	162	total	Groenlandia, Islandia
3 de oct.	solar	14	total	
17 de oct.	lunar	163	total	

CUADRO 4. *Eclipses de Sol y de Luna durante los años 1980-1989 (concluye)*

<i>Fecha</i>	<i>Tipo</i>	<i>Días para el siguiente eclipse</i>	<i>Fase</i>	<i>Región de visibilidad de los eclipses anulares o totales de Sol**</i>
1987: 29 de mar.	solar	178	total-anular*	sur de América del Sur, Atlántico del Sur, África Central
23 de sep.	solar	14	anular	Asia Central, China, Pacífico del Sur
7 de oct.	lunar	163	parcial	
1988: 18 de mar.	solar	162	total	Malasia, costa de Asia Oriental, Islas Aleutianas
27 de ago.	lunar	15	parcial	
11 de sep.	solar	162	anular	África Occidental, Océano Índico del Sur, Australia
1989: 20 de feb.	lunar	15	total	
7 de mar.	solar	163	parcial	
17 de ago.	lunar	14	total	
31 de ago.	solar		parcial	

* Total parte de la trayectoria y anular el resto.

**Todos los demás eclipses son visibles en un área mucho mayor.

puede aprender mucho tanto acerca del momento del año estacional en que pueden ocurrir como de las lunas nuevas y llenas con mayores probabilidades de participar en ellos. Que los eclipses se repiten en ciclos prolongados de largos periodos de tiempo indudablemente fue uno de los descubrimientos más apasionantes de la astronomía antigua. Aquella revelación debe de haber exigido observaciones persistentes y genio individual a fin de encontrar los complejos patrones que se desprendían de los datos. Los eclipses se repetirán cuando concuerden entre sí múltiplos enteros de los periodos lunares y solares. Supóngase que una Luna llena se eclipsa en uno de los nodos. Un mes sinódico después (29.53057 días) vuelve a ser Luna llena, pero entonces el satélite ya ha pasado por el nodo. El intervalo entre pasos sucesivos de la Luna por un nodo determinado es de 27. 21222 días. Se le llama *mes dracónico* por el dragón que, según los antiguos chinos, devoraba al Sol o a la Luna durante los eclipses. Una Luna llena eclipsada se repetirá al cabo de un número de días igual a un múltiplo entero de los intervalos sinódico y dracónico. Si estos periodos consistieran en números enteros simples, por ejemplo 30 y 27 días, ocurriría un eclipse después de 270 días (nueve lunas

llenas o 10 pasos por el nodo). A decir verdad, también sería factible un múltiplo semiintegral del mes dracónico, pues la Luna quedaría eclipsada en el nodo opuesto. No hay ningún número que llene a la perfección la condición deseada, pero algunos intervalos largos casi se acercan a ella. En el cuadro 5 se enlistan diversos ciclos de eclipses derivados simplemente mediante la búsqueda de correspondencias cercanas de múltiplos integrales de meses sinódicos con números integrales y semiintegrales de meses dracónicos. En los cálculos se ha permitido una tolerancia de un día para ciclos de una década o menos. También se incluye una selección de los ciclos largos más exactos.

Los antiguos pueden haber reconocido cualquiera de estos intervalos, aunque algunos ciclos quizás fueran detectables con mayor facilidad que otros. Los mayas acaso hayan conocido varios de ellos, como hemos de ver al examinar el cuadro de eclipses mayas del capítulo iv. El más famoso de todos los periodos de eclipses es el ciclo de 6 585.32 días. Fue descubierto por los antiguos caldeos y posteriormente llamado *saros*, que significa repetición (O. Neugebauer, 1975, I: 486). A partir del acaecimiento de un eclipse solar podríamos esperar el advenimiento de otro tras 223 lunas nuevas, toda vez que el intervalo del saros también es número entero, 242 para ser exactos, de los meses dracónicos. Si el primer eclipse tuvo lugar exactamente en el nodo, el segundo ocurrirá poco antes de que la Luna llegue a él porque, en realidad, 242 meses dracónicos son alrededor de una hora más largos que 223 meses sinódicos. Así, en ocasión del segundo eclipse, a la Luna le faltará una hora (alrededor de $\frac{1}{2}^\circ$) para llegar al nodo. El tercer eclipse de la serie, 223 meses sinódicos después, se producirá un grado entero (dos diámetros lunares) al oeste del nodo. Transcurridos alrededor de 35 eclipses, la Luna saldrá del extremo del *límite eclíptico*, concluyendo con ello una serie particular. El saros merece mayor atención porque también es aproximadamente equivalente a un número entero de años. De ese modo, los eclipses del ciclo de saros son estacionales. Lo que asimismo es muy cercanamente válido para uno o dos ciclos más dados en el cuadro.

No todos los eclipses solares de un saros serán visibles desde el mismo lugar de la Tierra. Por consiguiente, predecir eclipses de Sol exige un ingenio considerablemente mayor que la predicción de eclipses de Luna. Si empezamos una serie de eclipses de Sol en el extremo oriente del límite eclíptico, encontramos que la mayoría de los primeros son parciales y visibles sólo en las regiones polares del sur. Hacia la mitad de la serie se producirán más eclipses totales y anulares visibles a latitudes medias. Al término de ella, cuando la Luna y el Sol se encuentran en el límite eclíptico occidental, las trayectorias de los eclipses experimentan un deslizamiento de latitud hacia las regiones polares del norte. Entre eclipses sucesivos de un saros también ocurren cambios de longitud. Supongamos que el primer eclipse solar de una serie es visible en el cen-

CUADRO 5. *Ciclos de eclipses*

Días	Ciclo	Años	Número de meses sinódicos	Número de meses draconícos
1 033.57		2.83	35	38.0
1 210.75		3.31	41	44.5
1 387.93		3.80	47	51.0
1 565.12		4.29	53	57.5
1 742.30		4.77	59	64.0
2 067.14		5.66	70	76.0
2 244.32		6.14	76	82.5
2 421.50		6.63	82	89.0
2 598.69		7.11	88	95.5
2 775.88		7.60	94	102.0
2 953.06		8.09	100	108.5
3 130.24		8.57	106	115.0
3 986.63		10.92	135	146.5
6 585.32		18.03	223	242.0
9 184.01		25.14	311	337.5
10 571.95		28.95	358	388.5
11 959.89		32.74	405	439.5
14 558.58		39.86	493	535.0
17 157.27		46.98	581	630.5
18 545.21		50.78	628	681.5
19 775.96		54.09	669	726.0
22 531.84		61.69	763	828.0
23 742.59		65.01	804	872.5
25 130.53		68.81	851	923.5
27 729.22		75.92	939	1 019.0

Tomado en parte de Colton y Martin, 1967, p. 476.

tro de los Estados Unidos. Un saros después el primer eclipse tocará la Tierra a $\frac{1}{3}$ de rotación o 120° al poniente de su posición original: el eclipse será visible frente a las costas de Japón. El eclipse inicial del tercer saros será visible 240° al oeste del original, en algún punto de Europa occidental. Pero el primer eclipse del cuarto ciclo, que se producirá 54 años y un mes después, volverá a la misma longitud como en el primer ciclo. Así, aproximadamente en el mismo lugar de la Tierra se repetirán eclipses separados por un intervalo de tres saros.

La figura 34 muestra la trayectoria de totalidad de nueve eclipses solares separados uno de otro por un intervalo de tres saros. Las marcas lineales de los extremos oriente y poniente de una trayectoria indican los puntos en que empieza y termina la totalidad del eclipse, mientras que una marca redonda representa el punto central del mismo.

A lo largo de una banda cuyo centro es la trayectoria de totalidad se observaría un eclipse parcial de Sol, en que la fase disminuye a medida que nos alejamos del centro de la trayectoria. Entre los eclipses del 1 al 4 y del 7 al 9, nótese la progresión sistemática hacia el norte en latitud y hacia el este en longitud. Esta serie particular puede haber sido muy importante porque todos los eclipses señalados fueron fácilmente visibles en México y América Central durante los periodos Clásico Temprano y Clásico de su civilización. Los eclipses del 13 de agosto de 128 y 19 de noviembre de 290 (julianos) fueron totales en el área maya de Yucatán; todos rebasaron el 50% de parcialidad.

Hay una razón más para que los saros sean reconocibles con mayor facilidad que otros ciclos incluidos en el cuadro 5: también son múltiplos integrales del intervalo entre pasos sucesivos por el perigeo (punto de mayor aproximación entre la Luna y la Tierra). El llamado *mes anomalístico* de 27.55455 encaja exactamente 239 veces en el saros, lo cual significa que los eclipses correspondientes en saros sucesivos serán del mismo tipo: anulares si la Luna está distante de la Tierra en su órbita; totales de larga duración si está cerca.

Con frecuencia confundido con el saros y el periodo de regresión nodal de la Luna,¹³ uno de los ciclos más conocidos entre los astrónomos antiguos del Viejo Mundo es el *ciclo metónico*, en que la Luna llena regresa a una fecha idéntica del año trópico, lo cual se logra casi exactamente en un periodo de 19 años trópico — 6 939.6018 días = 235 meses sinódicos lunares (6 939.6884 días) —, faltando sólo dos horas por ciclo. El ciclo metónico es pobre en eclipses (255 meses dracónicos = 6 939.1161 días) a causa del deslizamiento de alrededor de 6° de movimiento lunar por ciclo; sin embargo, a los eclipses metónicos pudo haberseles concedido mayor atención al producirse porque ese periodo constituye una pulsación fundamental entre dos de los ritmos celestes más evidentes de la naturaleza.

¹³ El periodo de regresión de los nodos lunares (puntos de intersección de la órbita de la Luna con la eclíptica) es de 6 797.1 días

= 18.61 años trópico (años medidos por las estaciones)

= 230.17 meses sinódicos lunares

= 249.78 meses dracónicos lunares (meses medidos por el intervalo entre pasos sucesivos de la Luna por un nodo de su órbita).

En relación con las observaciones del horizonte, este periodo regresa a la Luna al mismo punto extremo del horizonte. Pero, como este periodo no es conmensurable con los meses sinódico y dracónico, los eclipses de la Luna llena no se producirán necesaria o probablemente al mismo tiempo en los ciclos sucesivos.

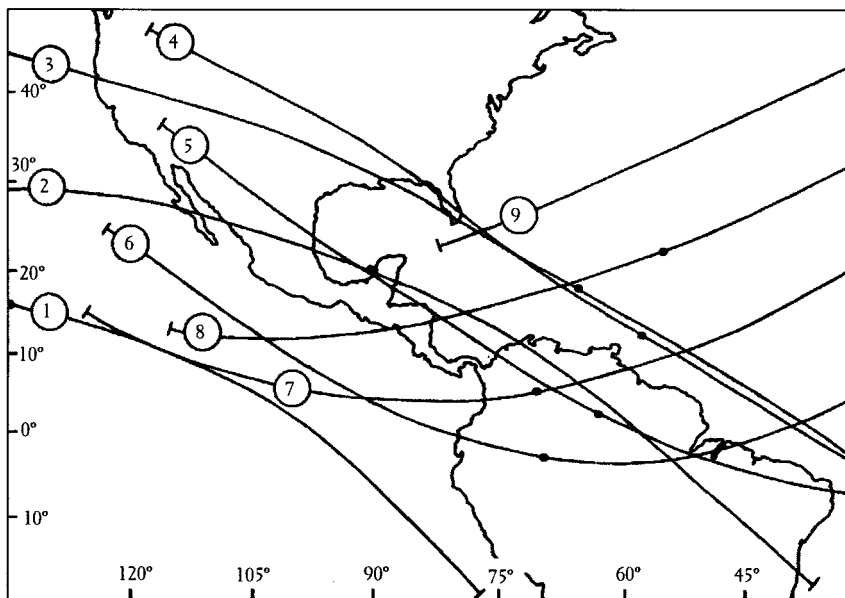


FIGURA 34. Ciclo de nueve eclipses estacionales visibles en Mesoamérica durante la época del florecimiento maya (las líneas muestran las trayectorias de totalidad; los puntos indican totalidad máxima): 1) 12 de julio de 74; 2) 13 de agosto de 128; 3) 15 de septiembre de 182; 4) 17 de octubre de 236; 5) 19 de noviembre de 290; 6) 21 de diciembre de 344; 7) 23 de enero de 399; 8) 24 de febrero de 453; 9) 29 de marzo de 507. (Diagrama de P. Dunham.)

LOS CICLOS DE LOS PLANETAS

Dejando a un lado las consideraciones lunares, volvamos ahora nuestra atención a los planetas y sus movimientos. Aunque más complejos, los planetas producen muchos ciclos reconocibles si se les observa con atención. En griego la palabra *planeta* significa “vagabundo”, nombre en que está implícito que los movimientos de estos cuerpos por la esfera celeste son más complejos que los del Sol y la Luna (que entre los griegos también se consideraban planetas). A los antiguos les fascinaban los periódicos retrocesos de Marte cada dos años. La aparición de Venus por el horizonte como estrella matutina o estrella vespertina se señalaba en Mesoamérica con esmero y precisión.

Según la teoría heliocéntrica del sistema solar propuesta por Copérnico durante el Renacimiento de Occidente, todos los planetas giran alrededor del Sol, siendo la Tierra

el tercero en orden de distancia a partir de él. Desde nuestra posición superior, Mercurio y Venus, llamados planetas inferiores porque sus órbitas quedan entre la Tierra y el Sol, parecen oscilar hacia atrás y hacia delante con respecto al Sol, a lo largo de una breve distancia angular, como si estuvieran atados a él mediante alguna invisible cuerda elástica. Para los antiguos, ellos eran los guardianes del Sol, que a veces precedían y otras seguían al gran astro rey. En cambio, los planetas superiores, Marte, Júpiter y Saturno, que poseen órbitas exteriores a la órbita terrestre, avanzan siempre por el cielo y ocasionalmente pueden verse opuestos al Sol. Visibles sólo con telescopio, los planetas más distantes no eran conocidos en los tiempos antiguos.¹⁴

Por comportarse las dos clases de planetas de manera tan distinta, permítasenos explicar el movimiento relativo de cada tipo, prestando particular atención a la aparición del planeta a simple vista. Como planeta inferior escogemos a Venus (figura 35), debido a su especial importancia entre los mayas. Por lo demás, Venus es la “estrella” más brillante del cielo y un observador atento puede verla incluso a la luz del día. En la figura 36 se muestra a Venus y a la Tierra desplazándose en sus órbitas alrededor del Sol, situado en el centro.¹⁵ Supóngase que alineamos a Venus (posición 1) al Sol y a la Tierra con alguna estrella distante. El tiempo que Venus tarda en completar una revolución alrededor del Sol y en volver al mismo sitio de su órbita *con respecto a la estrella* se llama *periodo de revolución sideral*. El periodo sideral de Venus es de 225 días, el de la Tierra de $365\frac{1}{4}$ días. En la moderna astronomía occidental consideramos estos intervalos siderales como los “verdaderos” periodos de revolución de los planetas, puesto que se trata de los ciclos que serían apreciados por un observador situado en un marco de referencia fuera del sistema solar, determinado en relación con las estrellas. Mas para un observador apostado en la Tierra los desplazamientos siderales no son tan obvios, por lo que es discutible que los mesoamericanos les hayan prestado alguna atención.¹⁶ Quienquiera que observe a Venus verá al planeta completar su ciclo alrededor del Sol en un periodo mayor de 225 días. Los observadores apostados en la Tierra viajan alrededor del Sol en la misma dirección que Venus, pero se desplazan más lentamente por hallarse más lejos de la fuerza gravitacional del Sol que mantiene unido al sistema solar.

¹⁴ Urano se sitúa en el umbral de la visibilidad a simple vista. Es posible que haya sido descubierto por observadores muy atentos antes de la invención del telescopio, aunque nunca se hayan presentado indicios que apoyen este argumento.

¹⁵ Si bien el esquema heliocéntrico puede introducir un clásico sesgo occidental en la exposición (los lectores ya han advertido a este respecto en los capítulos I y II), empleo este dispositivo porque simplifica considerablemente nuestra comprensión de los desplazamientos planetarios. Asimismo, tiene la ventaja adicional de ayudarnos a decidir si los astrónomos antiguos necesitaron postular el concepto de centrismo cuando abordaron el desplazamiento planetario.

¹⁶ Los argumentos en pro del reconocimiento maya de un periodo sideral de Marte con bases empíricas han sido presentados por V. y H. Bricker (s. f.). Véase también p. 90.

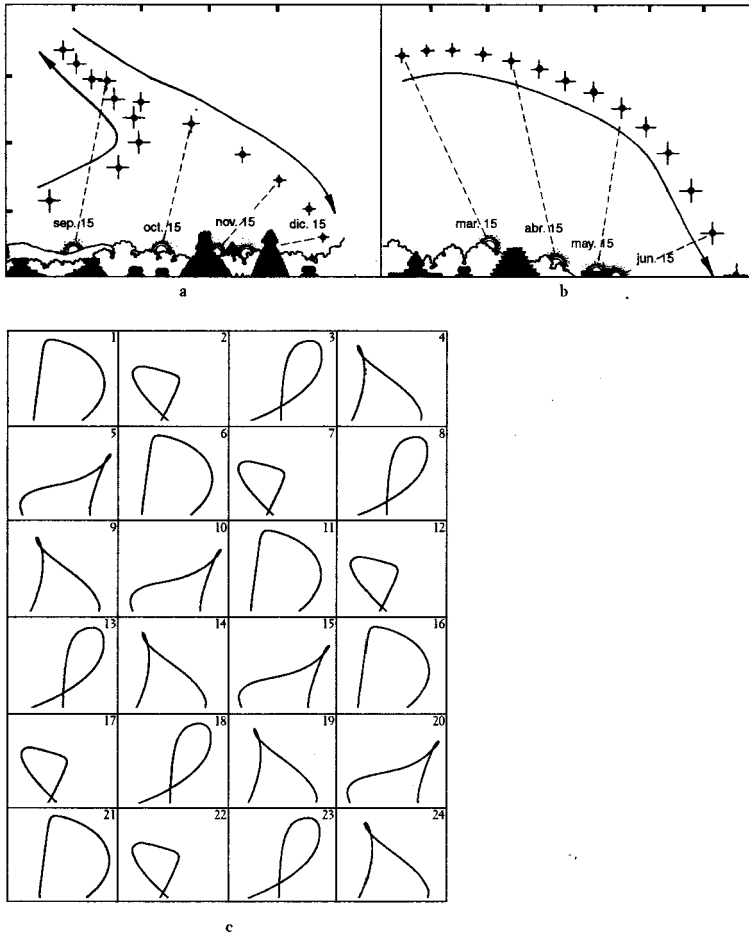


FIGURA 35. a) y b) Esto es lo que un observador vería apostándose en el mismo punto y siguiendo el movimiento de Venus noche tras noche a la misma hora. Los símbolos espaciados a intervalos de dos semanas muestran el punto en que Venus como estrella de la mañana acabaría por desaparecer en el este al final del crepúsculo por espacio de varios meses. Mientras Venus traza un arco amplio por el cielo crepuscular, desde su primera aparición en el horizonte para alcanzar su máxima altura hasta su desaparición final detrás del horizonte, el Sol, unido a él mediante las líneas intermitentes, cambia su posición de salida. Las puntas del símbolo de Venus denotan un brillo relativo; c) este dibujo compuesto muestra una secuencia de trayectorias de Venus como estrella de la mañana y estrella vespertina y revela las cinco formas distintas del curso que puede tomar el planeta. (Adaptación de gráficas preparadas por B. Welther, Smithsonian Astrophysical Observatory.)

El *periodo sinódico* de Venus se define como el intervalo entre configuraciones idénticas sucesivas de ese planeta con respecto al Sol. Supóngase que empezamos un intervalo sinódico con Venus en posición 1. Al cabo de un periodo sideral de Venus el planeta vuelve a su posición 1, o las seis horas de un reloj imaginado en la página, y la Tierra ha completado $225/365$ o sea, alrededor de $3/5$ partes de su revolución sideral. Pero la Tierra en su órbita ocuparía aproximadamente la posición de las dos horas de dicho reloj imaginario. Debemos esperar que transcurran 584 días, o sea, $1\frac{3}{5}$ años terrestres, antes de que los planetas vuelvan a alinearse con el Sol.¹⁷ Entonces ambos estarán en la posición de las dos del reloj. Desde luego, no se alinearán con la estrella distante al mismo tiempo. A ese periodo sinódico particular lo volveremos a encontrar cuando descifremos el calendario maya. Los mayas unían cinco grupos de 584 días para formar un importante ciclo de Venus de 2 920 días, probablemente porque dicho periodo era muy próximo a un número entero de años trópico ($8 \times 365 = 2\,920$). Como resultado de esta cercana conmensuración, Venus recorre cinco trayectorias respecto al Sol por arriba del horizonte oriental en el cielo matutino y del horizonte occidental por la noche durante el curso de sus apariciones como estrella de la mañana y estrella vespertina, respectivamente. Como lo muestra la figura 35c esas trayectorias se repiten una y otra vez, cambiando lentamente durante periodos de tiempo prolongados. El ciclo de 2 920 días tal vez tenga mayor importancia en la astronomía antigua, pues también asocia el año trópico con el mes sinódico lunar. De ese modo, aunque no sea igualmente exacto, funciona de la misma manera que el ciclo metónico.¹⁸ Semejante tendencia de los mayas hacia la vinculación de periodos celestes se demuestra vivamente en sus calendarios, cuyo examen diferimos hasta familiarizarnos con la mentalidad matemática de los mesoamericanos en el capítulo iv.

En aras de la simplicidad, permítase que la Tierra permanezca estacionaria en la posición mostrada en la figura 36 mientras que Venus se desplaza alrededor de su órbita. ¿Dónde aparecerá en el cielo y cómo lo describirá un observador en posiciones distintas de su ciclo? En la posición 1 (*conjunción inferior*) no veremos en absoluto a Venus puesto que se desvanece en el resplandor del Sol.¹⁹

¹⁷ Debido a la naturaleza no circular de las órbitas de Venus y la Tierra, este periodo puede variar entre 579.6 y 588.1 días. Cinco ciclos consecutivos de Venus arrojan un promedio de 583.92 días.

¹⁸ $2\,920 \text{ días} = 8.0 \text{ años trópico} - 1.9 \text{ días}$
 $= 99 \text{ meses sinódicos lunares} - 3.5 \text{ días}$
 $= 5 \text{ revoluciones de Venus} + 0.4 \text{ días}$

¹⁹ Dada la importancia que tanto los mayas como los mexicanos del Centro concedían a este breve periodo de desaparición es concebible que hayan detectado el planeta cuando cruzaba la superficie del Sol. Esto ocurriría sólo en esas raras ocasiones en que la línea de nodos de la órbita de Venus se alinea con el eje Sol-Tierra. Entonces podría percibirse como un punto negro que ocupara un área equivalente a menos de un diez milésimo del 1% de la superficie visible del Sol. Es fácilmente detectable a simple vista como un gran grupo de manchas solares. Sólo 28 de esos "tránsitos" de Venus se produjeron entre 1000 a.C. y la Conquista. Se han señalado futuros tránsitos para 2004 y 2012. J. Meeus (1957) da otros detalles más sobre las observaciones.

A medida que Venus se desplaza por delante del Sol a la posición 2 pasa a ser la “estrella de la mañana”. Inmediatamente antes de que el astro salga por el horizonte oriental Venus aparece arriba de él un instante, sólo para desaparecer en el crepúsculo matutino.²⁰ A la mañana siguiente se ha desplazado un poco más hacia el poniente y es visible durante un lapso más largo antes del amanecer. A la primera aparición anual de Venus antes del alba se le llama *orto heliaco*. Es probable que éste haya sido

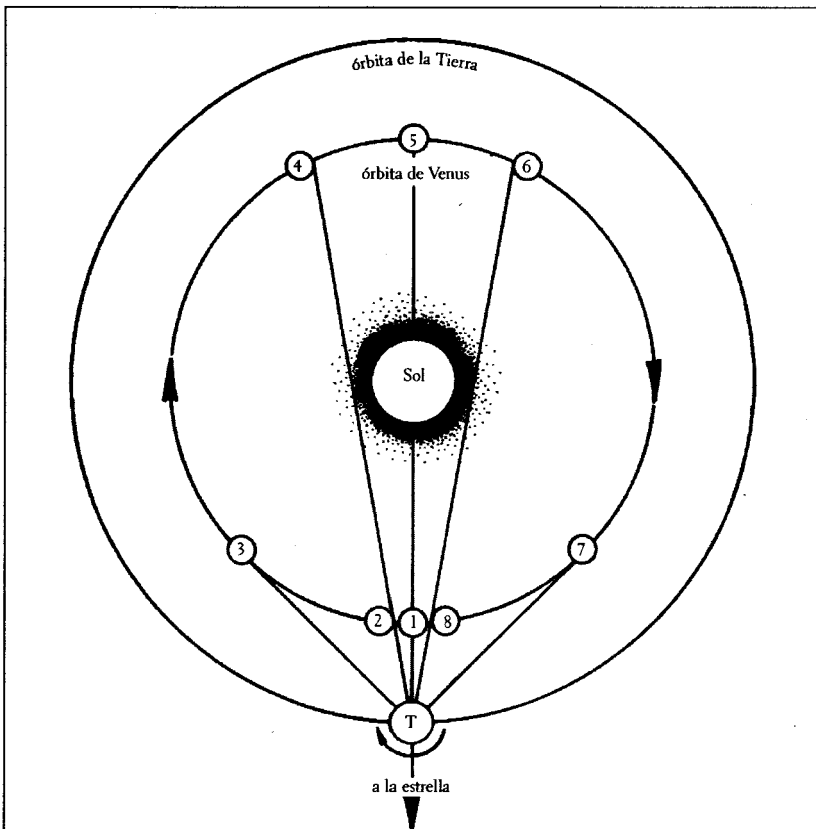


FIGURA 36. El desplazamiento de Venus se puede caracterizar mediante una oscilación que siempre lo mantiene cerca del Sol en el cielo. Su movimiento es parecido al de un péndulo. Para mayor sencillez, aquí imaginamos que la Tierra, T, permanece fija. (Diagrama de P. Dunham.)

²⁰ Para verificar que Venus es una estrella matutina en esa posición, supóngase que el horizonte del observador está representado por un borde recto que se mantiene tangente a la superficie de la Tierra en la figu-

el fenómeno más importante en la astronomía maya. En el apéndice C de este capítulo se hace una exposición detallada al respecto y se presenta una tabla con fechas de ortos heliacos de objetos celestes escogidos. Durante ese breve periodo en que es visible muy de mañana, Venus también alcanza su mayor brillo a causa de su proximidad a la Tierra. En ese momento brilla más que cualquier otro objeto celeste, a excepción del Sol y de la Luna. A medida que se desplaza hacia el oeste alejándose del Sol su luz blanca brillante disminuye ligeramente, pero cada día es visible como estrella de la mañana durante un intervalo más largo. En la máxima elongación occidental, posición 3 en el diagrama, Venus se ha desplazado a su máxima distancia angular del Sol, 47° ,²¹ saliendo alrededor de tres horas antes que él. Luego se acerca al astro y, cuando llega a la posición 4, hace su última aparición previa al alba antes de perderse una vez más en el resplandor del Sol.

Durante el periodo cercano a la *conjunción superior*, posición 5, Venus se pierde de vista alrededor de ocho semanas mientras pasa por detrás del Sol. Luego reaparece en la posición 6 como estrella vespertina, visible durante un breve lapso en el cielo del poniente después del ocaso. Aunque su brillo evidente sea mínimo por estar tan distante de la Tierra, es sin embargo uno de los objetos celestes más prominentes en el cielo. En la posición 7, la máxima elongación oriental, Venus vuelve a ser visible por espacio de tres horas después del ocaso. Vale la pena señalar que la máxima altura visible de Venus puede producirse varias semanas antes o después de la máxima elongación (véase Aveni y Hotaling, 1994, pp. S30-S32, y H. Bricker, 1996). Luego se acerca a su última desaparición al poniente posterior al ocaso en la posición 8; desaparece aproximadamente una semana; y pasa por su orto heliaco para reanudar el ciclo. Los mayas y posteriormente los mexicanos del Altiplano Central dividieron el movimiento de Venus en cuatro intervalos. Asignaron un periodo de ocho días a la desaparición tras la conjunción inferior, que se acerca a lo observado en la actualidad. Pero, curiosamente, los manuscritos mayas registraron un intervalo de desaparición de 90 días tras la conjunción superior, aproximadamente el doble de su verdadero valor. Más aún, asignaron valores desiguales a los intervalos que le corresponden como estrella de la mañana y como estrella vespertina: 250 y 236 días, respectivamente. En realidad, los verdaderos intervalos equivalen aproximadamente a 263 días.²² Estos curiosos interva-

ra. Gírese el borde a lo largo del círculo que representa a la Tierra en dirección de las manecillas del reloj, mismo sentido en que se produce la revolución alrededor del Sol, cuidando siempre de mantenerlo tangente a la superficie terrestre. El planeta, en la posición 2, saldrá por el horizonte adelante del Sol, apareciendo de ese modo abajo al este a la salida del astro. En cambio, sale detrás del Sol en la posición 8, cuando es una estrella vespertina al oeste.

²¹ El ángulo correspondiente para Mercurio es apenas de 26° , lo cual hace mucho más difícil ver el planeta.

²² Señalamos de paso que el verdadero intervalo de aparición de Venus como estrella matutina y vesperti-

los delatan un origen lunar: los tres últimos son múltiplos enteros o semimúltiplos del mes sinódico lunar.²³ En la práctica esto significa que si, por ejemplo, una Luna en cuarto creciente fue visible en el orto heliaco matutino de Venus, entonces la fase de la Luna, en promedio, sería la misma el último día en que el planeta como estrella matutina fue visto en el este. Cuando Venus reapareció como estrella vespertina en el oeste, la Luna debió aparecer en la fase opuesta (cuarto menguante). (Los esfuerzos de los mayas por predecir eclipses de acuerdo con las apariciones de Venus se estudiarán en el capítulo iv, en donde encontramos estos periodos consagrados en los códices.) Tal vez nos parezca extraño calcular las apariciones de Venus valiéndose del ciclo de fases lunares, en oposición al año estacional más conocido, pero es lo que podríamos esperar entre culturas en las que un calendario de base lunar precedía a la línea de base calendárica solar que ahora usamos para medir el tiempo. Éste fue ciertamente el caso tanto de nuestro calendario (romano) como del maya y de muchos otros calendarios en todo el mundo.²⁴

En suma, el desplazamiento de Venus en el largo plazo se puede describir como una oscilación en torno al Sol, sin que el planeta erre nunca lejos de él. Poco tiene de sorprendente que el tema de la muerte y la resurrección halle una expresión simbólica en la interacción de esos dos cuerpos. Entre los mexicanos del Altiplano Central tras la muerte de Tezcatlipoca (Sol de la Tierra) había ceremonias dedicadas a Huitzilopochtli (Sol del Centro). Éste parece elevarse del cuerpo sacrificado de Tezcatlipoca, exactamente como la Estrella del Alba lo hace del cuerpo de Quetzalcóatl (Venus).²⁵

El movimiento de Marte se representa en la figura 37. A diferencia de Venus, Marte es un planeta superior; esto es, su órbita se sitúa fuera de la órbita terrestre; en consecuencia, a Marte se le puede ver desde cualquier ángulo con respecto al Sol. Su desplazamiento es enteramente opuesto al movimiento de látigo de Venus en relación con el astro (confinado en la figura 37 dentro del ángulo 3T7). Marte sólo tiene una desaparición por revolución sinódica. Su periodo sideral de revolución, que empieza y termina en 1, es de 687 días. Su periodo sinódico, de alrededor de 780, aunque pueda variar por varios días debido a la elipticidad de la órbita marciana (que no se muestra en la figura).

na está próximo a los 260 días, número sumamente importante en el calendario maya, como veremos posteriormente.

²³ De ese modo,

$236^d = 8.0$ meses sinódicos lunares $- 0.24^d$ (intervalo de aparición de la estrella matutina)

$90^d = 3.0$ meses sinódicos lunares $+ 1.41^d$ (intervalo de desaparición posterior a la estrella matutina)

$250^d = 8.5$ meses sinódicos lunares $- 1.25^d$ (intervalo de aparición de la estrella vespertina)

²⁴ Véase, por ejemplo, Aveni, 1989a. Los astrónomos babilonios dividían similarmente el periodo de Venus, aunque los periodos como estrella vespertina y matutina asignados fueran iguales. Véanse detalles en Aveni, 1992a, *Conversing with the planets*, p. 124.

²⁵ Séjourné, 1976, p. 166. En Caldea, Ishtar (Venus), como diosa del amor, desciende reiteradamente en el inframundo para tener amores con el Sol. Véase Aveni, 1992a, capítulo ii.

En la figura 37, en donde la Tierra una vez más se mantiene estacionaria en el diagrama, vemos a Marte en diversas posiciones clave de su órbita. Aunque, como la de Venus, la de Marte se vea en el sentido de las manecillas del reloj desde fuera del sistema, mostramos las posiciones de avance en sentido contrario a las manecillas porque la Tierra, que viaja con mayor rapidez en su órbita, constantemente va delante de Marte que es más lento. El efecto se asemeja a la manera en que un conductor ve a un auto en movimiento a medida que lo rebasa en la carretera. El auto rebasado parece retroceder en la distancia con respecto al paisaje de la carretera. Nosotros empezamos con Marte en posición 1 o en *oposición*. Allí, el planeta está a 180° con respecto al Sol, sale al ocaso y se ve en lo alto del cielo de medianoche como un objeto rojo brillante en su punto más cercano a la Tierra. La distancia entre la Tierra y Marte en oposición varía alrededor de 20%, una vez más a causa de la naturaleza elíptica de la órbita marciana. Así, en ciertas ocasiones, el planeta se halla inacostumbradamente cerca de la Tierra y se ve de manera muy prominente en el cielo. A medida que se desplaza al este, hacia la posición 2, Marte es visible como una estrella vespertina, lo cual se puede verificar valiéndose de la técnica del borde recto explicada en la nota 20. Cuando forma un ángulo de 90° con el Sol se dice que un planeta superior está en *cuadratura oriental*; entonces sale alrededor de seis horas después que el Sol. Gradualmente, Marte se desplaza hacia la posición 3, donde se le ve por última vez en el cielo del poniente después del ocaso. En seguida, el planeta empieza un largo periodo de varias semanas de invisibilidad a simple vista. El planeta rojo pasa por detrás del Sol, se desplaza hacia la *conjunción*, que se señala mediante la posición 4, y reaparece débilmente en la posición 5, en el cielo de la mañana, adelante del Sol (orto heliaco). Luego, Marte cobra brillo poco a poco, a medida que día con día sale progresivamente más temprano. En *cuadratura occidental*, posición 6, Marte sale a la medianoche. Así, cuando aparece el Sol, el planeta es ya una prominente estrella vespertina situada en lo alto del cielo, cerca del meridiano celeste del observador. Finalmente, Marte completa su ciclo de 780 días al quedar una vez más en oposición.

Es alrededor del momento de la oposición cuando Marte tiene un *movimiento retrógrado* con respecto a las estrellas, aminora su velocidad hasta detenerse, regresa luego hacia el poniente entre ellas, quedando estacionario una vez más y, finalmente, reanuda su desplazamiento normal de poniente a oriente. Ese desplazamiento en sentido contrario ocurre siempre cuando la Tierra rebasa a Marte en su órbita. Una vez más, el efecto se puede comparar con el que experimenta un observador en un auto que rebasa a otro mientras avanzan en la misma dirección. El movimiento del segundo auto con respecto al paisaje distante es opuesto a la dirección del desplazamiento de ambos en relación con la carretera precisamente mientras se le rebasa.

En la figura 38 se muestra una típica curva retrógrada, la descrita por Marte duran-

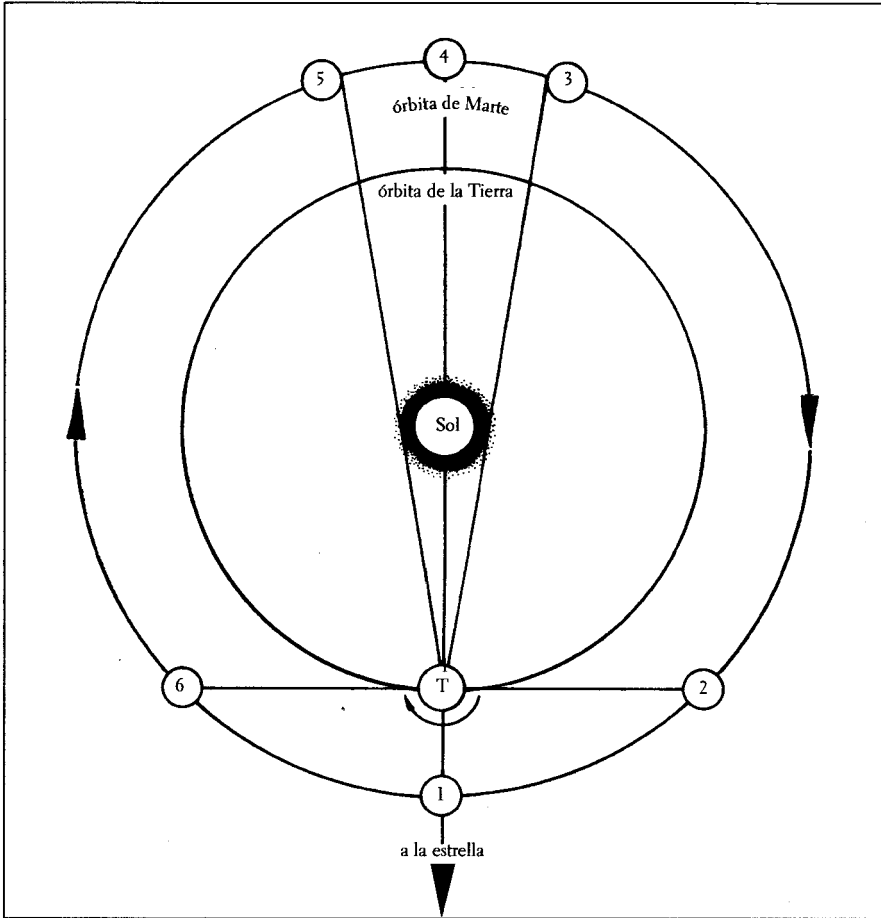


FIGURA 37. El movimiento de Marte lo lleva siempre alrededor del cielo con respecto al Sol. Una vez más la Tierra, T, se muestra fija. (Diagrama de P. Dunham.)

te la oposición de 1975-1976. En ella se traza la trayectoria del planeta con respecto al trasfondo de estrellas fijas de las constelaciones que llamamos Tauro y Géminis, a través de las cuales le tocó pasar en el momento de la oposición. A medida que se desplazaba hacia el este (de derecha a izquierda) a través de Tauro, Marte aminoró su velocidad hasta detenerse el 6 de noviembre, poco después de entrar en Géminis, luego de lo cual retrocedió (al poniente) hacia Tauro y se dirigió a las Pléyades, sólo para detenerse por segunda ocasión el 20 de enero (segunda posición estacionaria). Poste-

riormente, el planeta reanudó su desplazamiento normal de poniente a oriente. Toda curva retrógrada trazada por Marte posee una dimensión y una forma distintas. Durante mucho tiempo, los astrónomos antiguos de Europa y del Medio Oriente creyeron que el movimiento retrógrado obedecía al desplazamiento de los planetas en órbitas secundarias (epiciclos) centradas en órbitas primarias (deferentes). Éstas a su vez tenían como centro a la Tierra, que se hallaba fija para siempre en el centro del universo. Aun cuando el movimiento retrógrado se produce a lo largo de varias semanas para cada planeta inferior, ese cambio característico representa un giro sorprendente y repentino del acontecer planetario, que como se sabe fue observado con gran atención por los antiguos astrónomos del Viejo Mundo. (Los fenómenos retrógrados e incluso la duración de la visibilidad y la exactitud de la determinación se abordan en detalle en Aveni y Hotaling, 1994, pp. S39 al S41.)

El resto de los planetas superiores posee movimientos similares a los de Marte, pero en diferentes periodos y subperiodos. En el cuadro 6 dividimos el movimiento de los planetas visibles a simple vista en los intervalos básicos que pudieron ser advertidos con mayor facilidad por los astrónomos antiguos. Nótese que los planetas superiores no tienen sino un intervalo de desaparición por periodo sinódico, mientras que los planetas inferiores desaparecen tanto frente al Sol como detrás de él. Para cada caso se ha tabulado el intervalo medio de desaparición. Las variaciones de latitud y las distintas condiciones de observación pueden producir fluctuaciones considerables en torno a la media. Para planetas más distantes del Sol resulta notoria una disminución del tiempo necesario para completar una revolución sinódica, cuya duración se acerca gradualmente a la de un año terrestre. Por ejemplo, Saturno, el planeta más distante visible a simple vista, difícilmente se desplaza unos cuantos grados en su órbita alrededor del Sol antes de que la Tierra haya dado una vuelta completa en torno al astro.

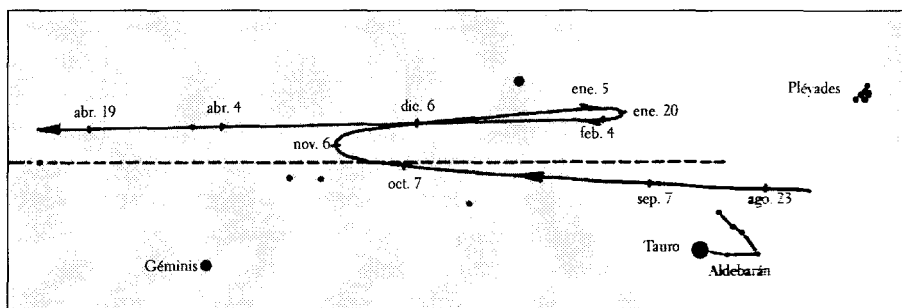


FIGURA 38. La trayectoria aparente de Marte en el cielo. Se muestra el movimiento retrógrado del planeta correspondiente a 1975-1976. (Diagrama de P. Dunham.)

Valgámonos del cuadro 6 y de la figura 37, sustituyendo a Marte por Júpiter, para ver cómo podría un observador a simple vista dividir el desplazamiento de éste por el cielo. Encontraríamos que Júpiter necesitaría alrededor de 400 días para completar un ciclo básico (intervalo entre ortos heliacos sucesivos). Como se ha perdido de vista alrededor de un mes es visible poco menos de 370 noches consecutivas. Durante este tiempo pasa alrededor de 250 días en desplazamiento normal hacia adelante. Los 120 días restantes Júpiter tiene un movimiento retrógrado, 60 días a cada lado de la oposición, tiempo durante el cual brilla con la mayor intensidad.

Si bien la determinación del periodo sinódico de un planeta a partir de la observación directa se hace con facilidad, el periodo sideral es más difícil de observar directamente, aunque se pueda derivar de manera algebraica a partir del periodo sinódico. No hay ninguna razón que nos induzca a suponer sobre bases cosmológicas que los antiguos mesoamericanos experimentaban deseo alguno de conocer lo que nosotros los occidentales llamamos los "verdaderos" periodos de revolución de los planetas. A decir verdad, ni siquiera es necesario postular un sistema solar heliocéntrico para derivar esos periodos. Sin embargo, como algunos investigadores han sugerido que en las inscripciones mesoamericanas se han representado intervalos siderales, podría sernos útil una breve exposición sobre el tipo de observaciones a simple vista necesarias en la determinación de ciclos siderales.

Para registrar el periodo sideral de un planeta, un observador terrestre no sólo tendría que marcar el intervalo entre pasos sucesivos de un planeta por la misma estrella (conjunción). También tendría que registrar la posición del Sol con respecto a esos fenómenos. Los intervalos entre conjunciones sucesivas (planeta-estrella), que siguen a una conjunción del planeta con el Sol, podrían servir de aproximación cercana al periodo sideral del planeta. Pero al hacer esas observaciones surgen algunas compli-

CUADRO 6. *Periodos básicos (en días) para los planetas visibles a simple vista*

	<i>Periodo sideral</i>	<i>Periodo sinódico</i>	<i>Intervalos medios de desaparición</i>	<i>Intervalos medios como estrella matutina/vespertina</i>	<i>Intervalo medio de movimiento retrógrado</i>
Mercurio	88.0	115.9	5, 35	38*, 38*	—
Venus	224.7	583.9	8, 50	263 263	—
Marte	687.1	779.9	120	660	75*
Júpiter	4 331.9	398.9	32	367	120
Saturno	10 760.4	378.1	25	353	140

* Estos intervalos fluctúan considerablemente, pero por lo común quedan más o menos dentro de un margen de 10 días con respecto a los valores citados.

caciones. La selección de la estrella de referencia a lo largo de la eclíptica afectará la determinación del periodo sideral puesto que la órbita planetaria evidente nunca queda precisamente en el plano de la eclíptica. Por lo demás, el planeta tiene un movimiento retrógrado que ocasionalmente retardará su conjunción con la estrella escogida. Más aún, si observamos una conjunción de planeta y estrella tras la conjunción con el Sol, tenemos la incertidumbre adicional de algunos días al tratar de observar el surgimiento del planeta entre el resplandor del Sol.

No obstante, teniendo presentes esas dificultades, podemos valernos de un conjunto moderno de tablas planetarias, por ejemplo, Tuckerman (1964), para determinar qué tan exactamente pudieron observarse mediante ese método los periodos siderales de planetas inferiores y superiores.

Supongamos que escogemos señalar las fechas de las conjunciones de planeta y estrella en un punto determinado de la eclíptica, anotando la posición que el Sol guarda en ese momento con respecto a otras estrellas. Los antiguos pueden haberlo logrado observando qué estrellas salían o se ponían helíacamente en una fecha del calendario determinada. A decir verdad, parece lógico que hayan deseado determinar periodos en que se repetían algunos conjuntos de fenómenos celestes. Así, pudieron determinar los intervalos entre conjunciones de planeta y estrella que se producían en la misma fecha del calendario estacional. De ese conjunto de observaciones se puede determinar una aproximación al periodo sideral. Como ejemplo registramos en seguida cada fecha en que Júpiter pasó por la longitud 0° , medida a lo largo de la eclíptica, durante el siglo XI (*indica su paso al oriente):

- 1) 3 de febrero de 1003
- 2) 27 de mayo de 1014; 10 de septiembre de 1014*
- 3) 13 de enero de 1015
- 4) 2 de mayo de 1026
- 5) 2 de noviembre de 1026*
- 6) 9 de diciembre de 1026
- 7) 13 de abril de 1038
- 8) 27 de marzo de 1050
- 9) 11 de marzo de 1062
- 10) 22 de febrero de 1074
- 11) 4 de febrero de 1086
- 12) 8 de septiembre de 1097; 27 de mayo de 1097*; 14 de enero de 1098
- 13) 1 de mayo de 1109; 30 de octubre de 1109*; 7 de diciembre de 1109
- 14) 13 de abril de 1121
- 15) 26 de marzo de 1133.

A partir de ese registro podemos deducir que hubo movimiento retrógrado de Júpiter entre varias fechas. También notamos una casi repetición de ciertas fechas en distintos años calendáricos: 1) y 11), 3) y 12), 4) y 13), 7) y 14), 8) y 15). Los intervalos entre esos pares son 30 317, 30 317, 30 316, 30 316 y 30 315 días, respectivamente (promedio 30 316.2 días). Sin considerar las curvas retrógradas, un observador a simple vista fácilmente pudo haber descubierto que esos intervalos también representaban siete pasos consecutivos de Júpiter por la misma estrella. (Cuéntense en el cuadro.)

Ahora bien, el intervalo de 30 316.2 días es asimismo múltiplo integral del periodo sinódico de Júpiter (398.9 días), otra cantidad fácilmente observable. De ese modo,

$$76 \times 398.9 \text{ días} = 30\,316.4 \text{ días}$$

y

$$7 \times \text{periodo sideral de Júpiter} = 30\,316 \text{ días.}$$

Para el astrónomo antiguo habría sido fácil observar los intervalos de 30 316 y 398.9 días y, luego, habiendo contado las conjunciones de Júpiter con estrella entre la misma fecha en distintos años estacionales, derivar el periodo sideral de Júpiter de manera totalmente exacta. Nuestras observaciones sobre el siglo XI arrojan el resultado siguiente:

$$\frac{30\,316}{7} = 4\,330.9 \text{ días,}$$

lo que es comparable con 4 332.5 días, valor aceptado del periodo sideral basado en observaciones modernas.

El planteamiento siguiente se puede generalizar para cualquier planeta. Si el periodo sideral de un planeta es P, su periodo sinódico S y el año trópico E, entonces se puede demostrar que

$$nS = mP = qE,$$

donde n , m y q son números enteros, $m + n = q$ corresponden a un planeta superior y $m - n = q$ a un planeta inferior. Como nS y qE son cantidades observables, n y q son, por consiguiente, determinables por separado. Por ejemplo, para Venus:

$$\begin{aligned} nS &= qE = 2\,920 \\ S &= 583.92 \end{aligned}$$

y

$$E = 365.2422.$$

CUADRO 7. *Commensurabilidades entre los periodos sideral y sinódico de los planetas*

<i>Planeta</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>q</i>	<i>Error (días)</i>
Mercurio	19	25	6	2
Venus	5	13	8	2
Marte	15	17	32	12
Marte	22	25	47	7
Marte	37	42	79	2
Júpiter	65	6	71	4
Júpiter	76	7	83	1
Saturno	57	2	59	2

Encontramos que, cuando $n = 5$ y $q = 8$, la igualdad se logra con un error de menos de dos días. En el cuadro 7 tabulamos intervalos similares debidamente proporcionados (esto es, *commensurables*) para otros planetas.

Como el Sol se desplaza 1° por día sobre la eclíptica, la columna de error nos da la diferencia en longitud entre el Sol y el planeta luego del número entero de periodos sinódicos tabulados. Como puede verse, algunos ciclos planetarios son más precisos que otros.

De ese modo, observando la repetibilidad estacional de las conjunciones de Marte con estrellas escogidas, tal vez se hayan determinado también múltiplos del periodo sideral marciano. Por ejemplo:

- a) 17×687.0 (periodo sideral) = 11 679 días (una diferencia de 20 días en 32 años)
 15×779.9 (periodo sinódico medio observable) = 11 698.5 días
- b) 25×687.0 = 17 175 días (una diferencia de 17 días en 47 años)
 22×779.9 = 17 157.8 días
- c) 42×687.0 = 28 854 días (una diferencia de 2 días en 79 años)
 37×779.9 = 22 856.3 días.

Así, la décima séptima, la vigésima quinta y la cuadragésima segunda conjunciones de Marte con una estrella dada ocurrirían, pasando por alto las curvas retrógradas, aproximadamente en la misma fecha del año trópico. El ciclo de Marte descrito en el ejemplo c) es el más preciso porque los intervalos tabulados son casi exactamente iguales; sin embargo, como ese periodo tiene casi ocho décadas de duración, su deducción a partir de observaciones repetidas sobre diversos ciclos parece menos probable que aquélla de los ciclos a) o b).

No hay razón alguna para pensar que todos los astrónomos del mundo resolverían el movimiento planetario en los mismos periodos. Por ejemplo, una manera más práctica de considerar el desplazamiento sidereal de Marte podría consistir en distinguir entre el tiempo que necesita el planeta para recorrer un ciclo por una longitud del cielo determinada, con y sin curva retrógrada en el ciclo. Los periodos directamente observables, desconocidos para los astrónomos occidentales, promedian 706.1 ± 6.5 y 544.2 ± 8.4 días, respectivamente y esos promedios permanecen sorprendentemente constantes sobre la base de cálculos que cubren del siglo II al siglo XI d.C. (H. Bricker, Aveni y V. Bricker, s. f.) Los mismos periodos también muestran un patrón consistente de siete u ocho de ellos más largos puntuados por un periodo breve. Hay bases para pensar que la tabla de las páginas 69-74 del *Códice de Dresde* maya puede haber incorporado aproximaciones a esos números (específicamente 702 y 546) en un esquema ideado para observar a Marte sideralmente. Existen periodos siderales empíricos similares para los demás planetas.

En cuanto a Venus, el conocidísimo periodo de 2 920 días al que se alude en el *Códice de Dresde* maya corresponde casi perfectamente a 13 revoluciones siderales del planeta:

$$13 \times 224.7 = 2\,921.1 \text{ días}$$

(una diferencia de 1.6 días en 8 años)

$$5 \times 583.9 = 2\,919.5 \text{ días.}$$

En este caso, el número 13 no podría determinarse mediante una simple técnica de conteo, a menos que los astrónomos comprendieran que deberían agregar a la cuenta una unidad cada vez que Venus tuviera un movimiento retrógrado, lo que para un planeta inferior ocurre a cada mitad de su ciclo y difícilmente parecería sorprendente. En consecuencia, la determinación directa de los periodos siderales de los planetas inferiores habría exigido una complejidad considerablemente mayor. La observación de oposiciones estacionales en el largo plazo como aquéllas sugeridas en el cuadro 7 habría brindado a los astrónomos a simple vista un medio excelente de hacer predicciones de gran alcance. Por ejemplo, supóngase que el astrónomo deseaba construir unas *efemé-*

rides para futuros fenómenos planetarios. Todo lo que necesitaba era retroceder un número de años igual al periodo largo y copiar los fenómenos correspondientes a ese año. Si deseaba ser más preciso podía corregir aquellos fenómenos por el número de días de la columna de errores. Como hemos de ver, hay indicios en los códices de que la astronomía maya puede haber funcionado precisamente de ese modo.

Hemos aprendido que el curso de un planeta puede seguirse muy fácilmente a lo largo de la eclíptica; sin embargo, hay abundantes indicios de que los astrónomos mesoamericanos se interesaban particularmente en observar el desplazamiento de objetos con respecto al horizonte. Por eso, sería útil trasladar nuestro conocimiento sobre el desplazamiento planetario al sistema de coordenadas de horizonte, con el cual nos familiarizamos al principio del presente capítulo.

Básicamente, por quedar siempre cerca de la eclíptica, los planetas saldrán y se pondrán más o menos en la misma posición que el Sol, ejecutando en un año una oscilación completa a lo largo del horizonte. Pero, como su plano orbital está ligeramente inclinado con respecto a la eclíptica, cada planeta puede migrar a uno u otro lado de la trayectoria del Sol, dependiendo del grado en que se incline su órbita. Mercurio y Venus poseen las mayores inclinaciones orbitales de los planetas visibles a simple vista, 7° y $3^\circ 24'$, respectivamente. De ese modo, si se viera desde el Sol, Mercurio podría aparecer hasta 7° lejos del plano de la eclíptica; sin embargo, visto desde la localización excéntrica de la Tierra, su posición se proyecta ligeramente debajo de ella. Como la línea de nodos formada por la órbita planetaria y la eclíptica cambia con el tiempo, la declinación extrema (distancia angular al norte o al sur del ecuador celeste) de un planeta sufre un leve cambio.

La figura 39 traza el movimiento de Venus en declinación durante la década 933-942 d.C., cuando se le observaba acuciosamente en el norte de Yucatán. Como a latitudes tropicales la desviación del acimut es prácticamente la misma que en declinación, se puede considerar que esa curva es representación aproximada de la posición de Venus sobre el horizonte del observador, correspondiendo el este y el oeste verdaderos a 0° de declinación. La característica más evidente de la curva es el movimiento anual en declinación del Sol que lleva al planeta consigo, lo cual se aprecia mejor cuando se sostiene la gráfica a distancia. Los máximos y mínimos sucesivos más o menos están separados por intervalos de un año. Pero, observando con detenimiento, vemos que en cada extremo solar estacional, indicado mediante puntos en la curva, las posiciones extremas de Venus en ocaso al norte y al sur cambian apreciablemente. Antes del solsticio de verano de 936 d.C. Venus queda muy al norte de la eclíptica. Agregada a la gran declinación positiva de aquel entonces, esa desviación produjo una declinación máxima de $+27\frac{1}{2}^\circ$ para el planeta. Al año siguiente, Venus apenas llegó a $+25^\circ$ de declinación, poniéndose así a alrededor de $1\frac{1}{2}^\circ$ al sur de su detención norte ante-

rior. Extendiendo esta curva a varias décadas sabemos que los extremos de Venus tuvieron lugar durante abril o mayo. Mas para el año 1000 d.C. el acaecimiento de abril había retrocedido hasta marzo, en tanto que el de mayo permanecía relativamente fijo. Durante aquel lapso las declinaciones extremas avanzaron alrededor de $1/4^\circ$ a lo largo del horizonte, haciendo del planeta un objeto sumamente huido, aunque Venus no fue suficientemente astuto para escapar de los astrónomos que emplearon el observatorio de El Caracol de Chichén Itzá a fin de observarlo, como hemos de ver en el capítulo v. Las inscripciones mayas también sugieren que aquéllos fueron capaces de deducir el periodo sinódico de Venus con precisión extrema. Los astrónomos al parecer se interesaron especialmente en la desaparición y la reaparición del planeta por motivos religiosos y especialmente astrológicos.

Es interesante señalar que el movimiento de Venus empieza a repetirse al cabo de ocho años: los dos bajos máximos de 933 y 941 d.C. son aproximadamente idénticos. Hay una asombrosa coincidencia en que el periodo sinódico de 584 días y el año terrestre de $365\frac{1}{4}$ días se correspondan tan bien. De ese modo, cada ocho años tiene lugar una repetición estacional de los fenómenos de Venus. Su aparición como estrella vespertina, su orto heliaco, sus extremos en el horizonte y así sucesivamente caen sin excepción en torno al mismo sitio de nuestro calendario estacional cada quinto ciclo de Venus.

Puesto que los testimonios tanto arquitectónicos como históricos sugieren que la desaparición y la reaparición de Venus en el horizonte eran sumamente importantes, tal vez valga la pena detenerse aún en el modo de predecir algunos aspectos del planeta observándolo en el horizonte desde la latitud de la zona maya.

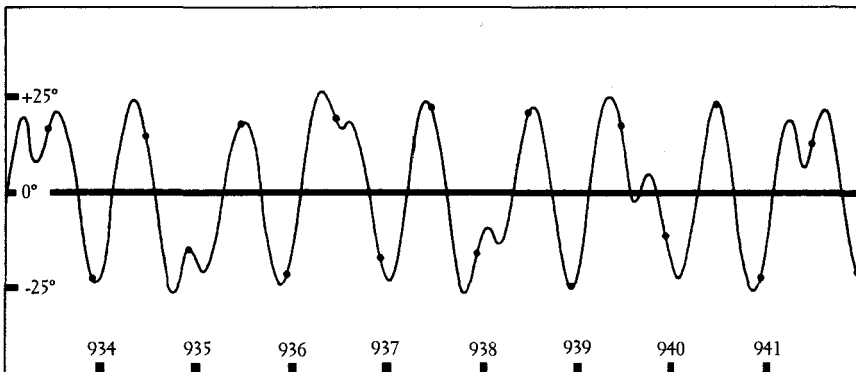


FIGURA 39. La declinación de Venus se grafica a lo largo de 10 años durante el Periodo Clásico Tardío de la civilización maya. Los puntos indican fechas de solsticio. (Diagrama de P. Dunham.)

La figura 40 representa un segmento del horizonte occidental (W es el punto oeste y el norte está a la derecha). El ecuador celeste (EC) incide en el horizonte a un ángulo de 70° (90° menos 20°) para un observador situado a 20° de latitud N. Hacia el centro del diagrama se muestran dos orientaciones de la eclíptica con respecto al horizonte: E_1 cuando, al acabar de ponerse, el Sol está en el equinoccio de otoño y E_2 cuando está en el equinoccio de primavera. Supóngase que en ambas ocasiones Venus se halla a punto de hacer su primera aparición como estrella vespertina, luego de ser opacado por el resplandor del Sol. Ello ocurriría en cualquiera de las dos posiciones para las que se ha supuesto la misma latitud: V_1 cuando el planeta se sitúa a lo largo de la eclíptica en la configuración E_1 y V_2 cuando se sitúa a lo largo de la eclíptica E_2 . La trayectoria del planeta hacia el ocaso queda indicada por las líneas intermitentes paralelas al ecuador. Por razones de simplicidad asúmase que Venus se desplaza precisamente a lo largo de la eclíptica. En uno u otro caso su desplazamiento de largo plazo lo lleva hacia el este lejos del Sol. Pero en el primero de ellos debe desplazarse mayor distancia a lo largo de la eclíptica antes de ser visible como estrella vespertina. Así, la reaparición de Venus se retrasa cuando el Sol está en el equinoccio de otoño (E_1) y se adelanta cuando el astro está en el equinoccio de primavera (E_2). Esos efectos se amplían considerablemente a mayores latitudes cuando el ecuador celeste intersecta al horizonte en un ángulo menor. El ejemplo demuestra por qué Venus no reaparece ni periódica ni exactamente en la misma posición sobre el horizonte luego de cada desaparición detrás del Sol. En el primer caso reaparece al sur del astro y, en el segundo, arriba de él y ligeramente hacia el norte.

De reaparecer Venus a principios de febrero cuando la eclíptica intersecta el horizonte occidental de manera perpendicular en el ocaso (posición V_1 a lo largo de la eclíptica E_1), entonces la distancia entre Venus y el Sol a lo largo de la eclíptica coincidiría exactamente con la altura del planeta en el momento de su reaparición; de ese modo queda garantizada una reaparición de Venus más temprana. La figura 41 muestra la gráfica de una secuencia de intervalos de desaparición en torno a la conjunción inferior considerados a lo largo de varios años. El ritmo estacional fácilmente apreciable en estos intervalos ofrece un correlativo observable a las alusiones de Venus en los textos mayas, alusiones pertenecientes a los ciclos de lluvia y siembra del maíz. Las atentas observaciones estacionales de un planeta en el horizonte pueden ser de un valor considerable en las predicciones sobre su desplazamiento, hecho éste que también habrá de recordarse cuando hablemos de las alineaciones de Venus al abordar el capítulo v.

La figura 42 resume gráficamente los fenómenos más importantes que se producen a lo largo del horizonte de un observador a una latitud de 20° N. La mayor actividad ocurre en zonas de 60° de anchura (delimitadas en el diagrama) cuyos centros son los

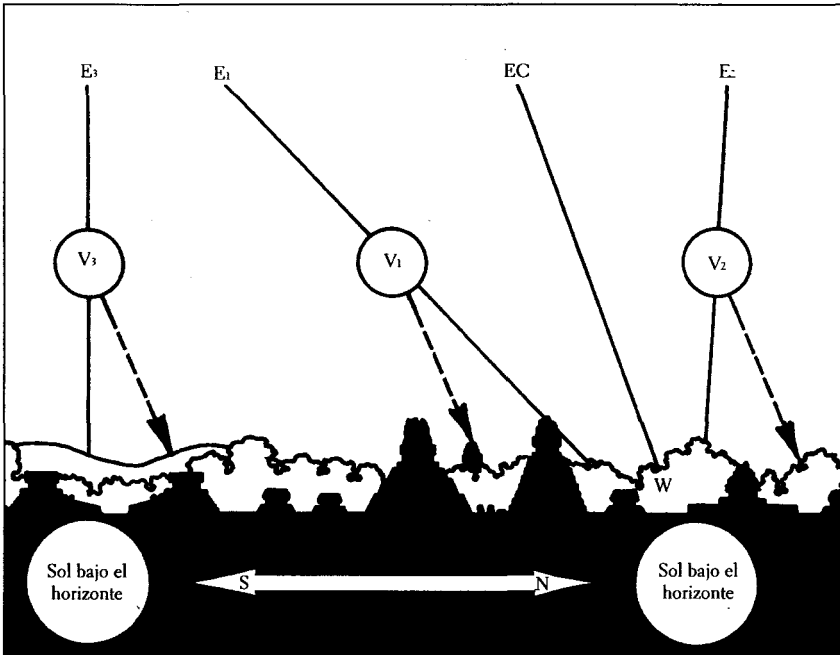


FIGURA 40. Venus se acerca al horizonte occidental en el momento del ocaso durante diferentes estaciones del año. El dibujo es válido para un observador situado a 20° N. (Diagrama de P. Dunham.)

puntos este y oeste del horizonte en que se desplazan el Sol, la Luna y los planetas. También se muestran las posiciones de salida y ocaso del Sol los días en que el astro alcanza el cenit. Éstas con frecuencia se confunden con los puntos de solsticio. La Luna y los planetas ocasionalmente pueden migrar más al norte o al sur de los límites del solsticio, como lo muestra la gráfica. A latitudes no tropicales mayores las zonas de Sol-Luna-planetas parecerían más anchas (cf. figura 27), y en ellas no hay posición del Sol en el cenit. Fuera de estos segmentos es poco lo que ocurre. Allí saldrán o se pondrán las estrellas, ciertas partes de la Vía Láctea y algún cometa ocasional.

DIVERSOS FENÓMENOS OBSERVABLES EN EL CIELO

Aunque este capítulo se haya concebido como útil compendio de fenómenos astronómicos apreciados a simple vista, que podrían haber observado y registrado algunas civi-

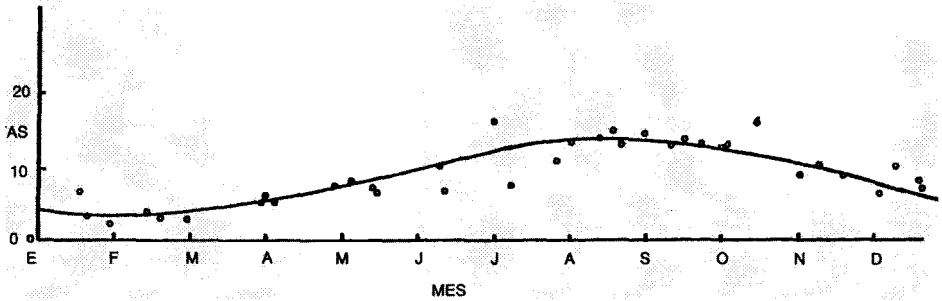


FIGURA 41. Intervalos de desaparición de Venus tras la conjunción inferior. Nótese el patrón estacional.

lizaciones antiguas, el espacio disponible no nos da oportunidad de incluir todos los acaecimientos celestes que pudiéramos prever. No obstante, cabe mencionar algunos fenómenos relativamente importantes y remitir al lector a los materiales adecuados a que pueda recurrir para su posterior consideración. Aunque en los testimonios históricos mesoamericanos no se consigna que se hayan observado realmente todos esos fenómenos celestes, podríamos anticipar que los reconocería cualquier observador atento de la esfera celeste (una lista conveniente de esos fenómenos e información sobre dónde y cuándo buscarlos puede encontrarse en Aveni, 1981, cuadro 1.2):

Cometas. Entre los más grandes de todos los espectáculos celestes, estos objetos suelen aparecer inesperadamente y permanecen visibles durante varias semanas, cambiando paulatinamente de posición respecto al trasfondo de estrellas. La larga cola nebulosa de un cometa con frecuencia se tiende varios grados por el cielo. El *Annuaire pour l'an 1950* del Bureau des Longitudes francés enumera 750 cometas aperiódicos apreciables a simple vista que hubo entre el Periodo Preclásico mesoamericano y la Conquista. Junto con útiles referencias descriptivas, se tabulan también las constelaciones en las que residieron durante su prominencia.

Ocultamientos y conjunciones. Aun siendo menos deslumbrante que un eclipse de Sol o de Luna, un ocultamiento, el “eclipse” de una estrella por un planeta o, más comúnmente, de un planeta o una estrella por la Luna, puede haber tenido considerable importancia, sobre todo entre los pueblos que observaban los fenómenos del Zodiaco. Se llama conjunción al paso cercano de un planeta por una estrella o de dos o más planetas. Muchas culturas registraban hitos del mundo por los pasos cercanos espectaculares de planetas (véase Aveni, 1989a) y los mayas seguramente prestaban atención

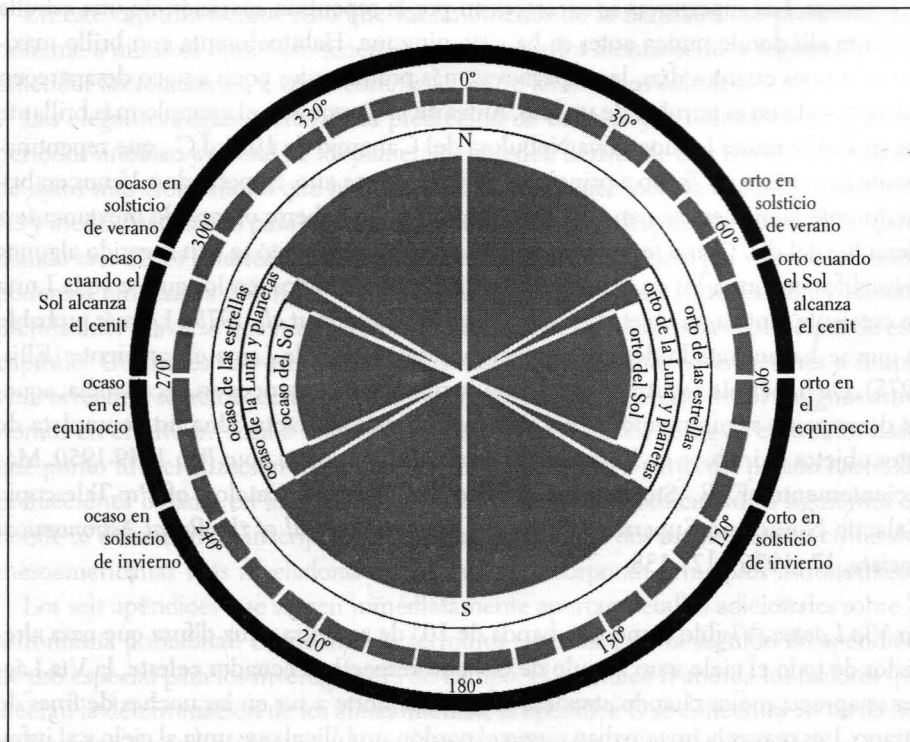


FIGURA 42. Zonas del horizonte en que ocurren fenómenos celestes importantes para un observador apostado a bajas latitudes septentrionales. El lector baja la mirada desde el cielo sobre un observador imaginario ubicado en el centro. (Diagrama de P. Dunham.)

a estos fenómenos (véase Aveni y Hotaling, 1994, pp. S41-S43, además de la presentación sobre el acaecimiento del 2 Cib 14 Mol en Palenque en el capítulo iv, pp. 167-169). Una referencia bibliográfica sumamente útil para determinar las fechas de antiguos ocultamientos y conjunciones es B. Tuckerman, 1964, que da coordenadas en el sistema eclíptico para el Sol, la Luna y los planetas. También se recomiendan el *Voyager* y otros programas planetarios interactivos (véanse los recursos electrónicos al final de este capítulo).

Lluvias de meteoritos o “estrellas fugaces”. Si bien es imposible predecir la aparición de colosales aerolitos individuales (bolas de fuego o **bólid**os), el *Observer's Handbook* (publicado anualmente) da una lista completa de las **lluvias anuales** intensas.

Supernovas. Las supernovas se caracterizan por la repentina aparición de una estrella brillante allí donde nunca antes se ha visto ninguna. Habitualmente con brillo máximo sólo unos cuantos días, las supernovas más prominentes poco a poco desaparecen a simple vista en el término de un año. Antes de la Conquista, el ejemplo más brillante fue probablemente la supernova Nebulosa del Cangrejo de 1054 d.C., que repentinamente fue visible en Tauro a principios de julio de ese año. Superando a Venus en brillo durante la primera semana del mes, incluso pudo haberse observado brevemente a plena luz del día. Como testimonio real de aquel acaecimiento se han sugerido algunos petroglifos encontrados en el suroeste de los Estados Unidos, en los que se ve la Luna en creciente junto a un objeto brillante (véase Williamson *et al.*, 1975). Lo más probable es que se hayan tratado de representaciones de Venus y la Luna en creciente (Ellis, 1975). De haberse registrado en el mundo maya, para entonces en decadencia, aquella descripción seguramente habría sido mucho más abstracta. Una lista completa de estos objetos se incluye en Bureau des Longitudes, *Annuaire pour l'an 1949-1950*. Más recientemente, F. R. Stephenson publicó un "Revised Catalog of Pre-Telescopic Galactic Novae and Supernovae", en el *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 17 (1976): 121-138.

La Vía Láctea. Visible como una banda de 10° de anchura y luz difusa que pasa alrededor de todo el cielo a un ángulo de 62° con respecto al ecuador celeste, la Vía Láctea se aprecia mejor cuando atraviesa el cenit de norte a sur en las noches de fines de verano. Los mayas la imaginaban como el cordón umbilical que unía al cielo y al inframundo con la Tierra. Algunos la conciben como un gran camino celeste. Los mayas chortis actuales la llaman el "Camino de Santiago", siguiendo la vieja costumbre hispana. Ellos observan con particular cuidado su situación en el cielo con respecto a la posición del Sol. Las civilizaciones andinas se valían de la Vía Láctea para su orientación básica (Urton 1978a, 1978b, 1981a). La posición de la Vía Láctea en diferentes estaciones del año se representa en los mapas estelares de la figura 23.

Fenómenos meteorológicos. Menospreciados con frecuencia porque las taxonomías científicas modernas se inclinan por considerar que los fenómenos atmosféricos como el arco iris, la aurora boreal, los halos solar y lunar, el parhelio, los tornados y el rayo no son astronómicos, éstos se mencionan sin embargo en los testimonios históricos. En M. Minnaert, *The Nature of Light and Colour in the Open Air* (1954), se hace una amplia exposición de las condiciones en que pueden ocurrir muchos fenómenos exóticos del reino de la óptica atmosférica. En S. I. Akasofu, "The Aurora Borealis", en *Alaska Geographical Society*, 6, núm. 2, 1979, se presenta un excelente estudio de la aurora boreal con fotografías.

En este capítulo hemos visto que los fenómenos de la naturaleza se presentan claramente a nuestros ojos. Sólo tenemos que observarlos atentamente y registrarlos para entender las relaciones, a veces complejas, entre fenómenos celestes.

Las elegantes reglas acerca de la predicción de eclipses y la conmesuración de los periodos sinódico y sideral de los planetas se pueden derivar de una inspección del tipo de datos más elementales que hubiera reunido cualquier sociedad primitiva con interés y medios necesarios para registrar aquellos fenómenos después de observarlos. Estudiando esos ciclos celestes o, mejor aún, observándolos en el cielo por nosotros mismos, podemos empezar a entender el sentimiento de respeto ante la perfección y la complejidad del universo que hizo a Tolomeo pronunciar la frase citada al principio de este capítulo. Utilizados con astucia, los datos recogidos mediante observaciones a simple vista revelaron secretos acerca de cómo se comportaría el universo de los antiguos astrónomos en el futuro. Toca a nosotros decidir con base en los vestigios culturales hasta qué punto una civilización logró obtener datos del futuro a partir del pasado haciendo predicciones basadas en la observación. Ésta es la tarea de los capítulos siguientes en donde se examinan las inscripciones y la arquitectura, las dos supervivencias culturales mesoamericanas más reveladoras en las que se incorporan principios astronómicos.

Los seis apéndices que siguen inmediatamente aportan detalles adicionales sobre la astronomía posicional. El glosario de términos (apéndice A) va seguido de apéndices de uso especial para los investigadores de campo: el apéndice B aborda los factores que afectan la determinación de los alineamientos, el apéndice C se concentra en las fechas de los ortos y los ocasos heliacos de las estrellas brillantes, y los apéndices D, F y G conciernen a la manera de reconstruir alineamientos en el campo.

APÉNDICE A

Glosario de términos astronómicos de importancia en arqueoastronomía

(Los términos de las definiciones escritos en *italicas* tienen entradas propias en el glosario.)

acimut: distancia angular medida desde el punto norte hasta la base del *círculo vertical* de una estrella a lo largo del horizonte y en dirección oriente (NESAWC en la figura 16).

almanaque: tabla de acaecimientos astronómicos o de otro tipo habitualmente dispuestos por orden cronológico.

altitud: distancia angular medida positivamente hacia arriba desde el horizonte hasta una estrella a lo largo de su *círculo vertical* (CR en la figura 16).

año de eclipses: intervalo entre pasos sucesivos del Sol por el mismo *nodo* de la órbita

lunar; 346.61812 días. Se dice que una “estación de eclipses” ocurre **durante** el periodo de paso prolongado.

año trópico: periodo de revolución de la Tierra alrededor del Sol (o, según lo vemos nosotros, del Sol alrededor de la Tierra) con respecto al *equinoccio de primavera*; 365.24220 días.

ascensión recta: distancia angular medida desde el *equinoccio de primavera* hasta el *círculo horario* de una estrella a lo largo del *ecuador celeste* y en dirección oriente (VB en la figura 19). Como esta dirección queda a lo largo del ecuador y puesto que nosotros medimos el paso del tiempo por la rotación de la Tierra, la coordenada de ascensión recta habitualmente se expresa en horas y minutos de tiempo y no en distancia angular. El *ecuador celeste* se divide en 24 horas en vez de 360° ; por consiguiente, una hora en medida de tiempo equivale a 15° en medida angular.

cenit (o *zenith*): Z del observador, O, el punto directamente arriba (opuesto a la dirección de la plomada en la figura 16). El nadir (no aparece en la figura 16) es el punto de las antípodas opuesto al cenit.

ciclo del saros: uno de varios ciclos de eclipses estacionales similares que se repite tras un periodo de aproximadamente 18.03 años (6 585.32 días).

ciclo metónico: el periodo (6 939.6 días o 19 años) en que la Luna llena vuelve a la misma fecha del año calendárico.

círculos horarios (por ejemplo, PRBP' y PNXP' en la figura 19): grandes círculos que pasan por los *polos celestes*. Presentan la misma relación respecto al *ecuador celeste* que los *círculos verticales* al horizonte.

círculos verticales: grandes círculos que pasan por el *cenit* y el *nadir*, perpendicularmente al horizonte. ZS, ZC y ZW representan cuartas partes de círculos verticales en la figura 16.

conjunción: configuración de un cuerpo celeste cuando queda en la misma posición que otro (o cerca de ella). Véase también *conjunción inferior* y *conjunción superior*.

conjunción inferior: configuración de un planeta en que éste se oscurece por pasar frente al Sol.

conjunción superior: configuración de un planeta en que éste se oscurece por pasar detrás del Sol.

commensurable: propiedad mediante la cual una cantidad pueda vincularse a otra por una proporción de dos números enteros pequeños; por ejemplo, como cinco años venusinos de 584 días son iguales a ocho años terrestres de 365 días, decimos que esos dos periodos son commensurables en la proporción de cinco a ocho.

cono de sombra: parte central y completamente oscura de la sombra.

cuadratura: configuración de un planeta superior cuando su elongación es de 90° .

declinación (δ): distancia angular medida del ecuador a una estrella a lo largo del

círculo horario de la estrella. Se designa como positiva al norte del ecuador, como negativa al sur, y se mide en grados.

eclipse anular: eclipse de Sol en que la Luna se halla demasiado distante para cubrir totalmente el disco solar. Un anillo de luz del Sol es visible alrededor de la Luna en su fase de máximo ocultamiento.

eclipse penumbral: eclipse de Luna en que el satélite pasa por la *penumbra* y no por el cono de sombra de la Tierra.

ecliptica: extensión hasta la esfera celeste del plano de revolución de la Tierra alrededor del Sol. En la figura 19 también se muestra un segmento de ella como un gran círculo que forma un ángulo de $23\frac{1}{2}^{\circ}$ con el *ecuador celeste*. Por lo que toca a los observadores terrestres, ese círculo traza el movimiento anual del Sol en el cielo con respecto al trasfondo de estrellas distantes.

ecuación de tiempo: diferencia entre tiempo solar aparente y medio. El primero está vinculado a la posición observada del Sol en el cielo, en tanto que el segundo lo está a un "Sol medio" que se desplaza uniformemente en el *ecuador celeste* a lo largo del año. Véase el cuadro 13.

ecuador celeste: círculo XWBE en la figura 19 que es prolongación del ecuador terrestre, o plano de rotación, hacia la esfera celeste. Ese gran círculo distará 90° de los polos celestes (P y P') en cualquier punto. Como el horizonte sirve de círculo de referencia fundamental en el sistema de horizonte, así también el ecuador celeste es el círculo de referencia fundamental en el sistema ecuatorial.

efemérides: tabla que enumera la posición computada de un cuerpo celeste en distintas fechas.

elongación: distancia angular entre un planeta o la Luna y el Sol.

equinoccio: uno de los dos puntos de la esfera celeste en que el Sol cruza por el ecuador celeste. El *equinoccio de primavera* o *vernal*, V en la figura 19, es el punto de intersección de la *ecliptica* y el *ecuador celeste* en que el Sol pasa del hemisferio sur al hemisferio norte. El equinoccio de otoño es el punto de intersección opuesto, donde el Sol pasa del norte al sur. Las fechas de los equinoccios son, aproximadamente, el 21 de marzo y el 22 de septiembre.

equinoccio de otoño: véase *equinoccio*.

equinoccio de primavera: véase *equinoccio*.

horizonte astronómico (NESW en la figura 16): gran círculo que se centra en el observador y es tangencial a la superficie de la Tierra en ese punto.

límite eclíptico (lunar o solar): zona circundante a los *nodos* de la órbita de la Luna dentro de la cual puede tener lugar un eclipse lunar o solar.

meridiano: gran círculo que pasa por el cenit y por los polos celestes norte y sur (NPZS en la figura 16).

meridiano celeste del observador: gran círculo que pasa por los *polos celestes* y el cenit (NPZS en las figuras 16 y 19).

mes anomalístico: intervalo entre pasos sucesivos de la Luna por su *perigeo* (punto más cercano de la Tierra); 27.55455 días.

mes dracónico: intervalo entre pasos sucesivos de la Luna por un *nodo* determinado de su órbita; 27.21222 días.

movimiento retrógrado: breve movimiento aparente de un planeta por el cielo hacia el poniente con respecto a las estrellas.

nadir: véase *cenit*.

nodo(s): punto(s) de la intersección de la órbita de un cuerpo con la de otro. Los nodos ascendente (Ω) y descendente ($\oslash$) de la órbita lunar se refieren a los puntos de intersección de su órbita con la *eclíptica*, donde la Luna cruza por la eclíptica al pasar al norte y al sur, respectivamente.

nodos ascendentes: véase *nodos*.

nodos descendentes: véase *nodos*.

nutación: “cabeceo” o movimiento breve del eje terrestre superpuesto a la *precesión*.

ocaso heliaco: última aparición de una estrella antes de su invisibilidad a causa de la *conjunción* con el Sol. Véase el cuadro 10 y pp. 158-159.

ocultación: eclipse de una estrella o un planeta por la Luna u otro planeta.

oposición: configuración de un cuerpo cuando está opuesto al Sol, esto es, a una elongación de 180° .

orto heliaco: primera aparición de una estrella luego de su invisibilidad debida a la *conjunción* con el Sol. Véase cuadro 10 y pp. 158-159.

penumbra: porción de la sombra desde la que parte de una fuente luminosa queda oculta por un cuerpo.

periodo sideral: intervalo entre pasos sucesivos de un cuerpo por una estrella dada; para la Luna (mes sideral) 27.32166 días.

periodo sinódico: intervalo entre configuraciones sucesivas de un cuerpo con respecto al Sol. El mes sinódico lunar (29.53059 días) es el mes de las fases.

planetas inferiores: planetas con órbitas interiores respecto a la órbita terrestre alrededor del Sol.

planetas superiores: planetas con órbitas exteriores respecto a la órbita terrestre alrededor del Sol.

polos celestes: extensión de los polos de rotación de la Tierra (CG en la figura 17) hacia la esfera celeste. Como esta última es de tamaño arbitrario, debemos imaginar que, para efectuar esta observación, toda la Tierra se encoge hasta formar un punto en O. Para un observador situado en el norte P es el polo norte celeste presentado en la figura 19.

precesión: lento movimiento cónico del eje de rotación terrestre alrededor de los polos de la *eclíptica*, que da por resultado el movimiento de los *polos celestes* entre las estrellas en un ciclo de aproximadamente 26 000 años.

punto este: véase *puntos cardinales del horizonte*.

punto norte: véase *puntos cardinales del horizonte*.

punto oeste: véase *puntos cardinales del horizonte*.

punto sur: véase *puntos cardinales del horizonte*.

puntos cardinales del horizonte: en la figura 19 N representa el punto norte del horizonte. Se le define mediante la intersección de un arco trazado a partir de P de manera perpendicular al horizonte. Una vez definido el punto norte se puede localizar el punto sur, S, opuesto 180° al N en el horizonte, y los puntos este y oeste, E y W, a media distancia entre ellos. Son éstos los llamados puntos cardinales del *horizonte astronómico*.

regresión de los nodos: movimiento de los nodos (de la órbita lunar) hacia el poniente (en retroceso) a lo largo de la eclíptica completándose un ciclo en 18.61 años.

sistema de referencia del horizonte: un sistema para localizar objetos celestes que utiliza el horizonte como plano de referencia principal, y el cenit y nadir como sus polos fundamentales. Las coordenadas se dan en acimut y altitud.

sistema ecuatorial de coordenadas: un sistema para localizar objetos celestes que utiliza al ecuador celeste como plano de referencia principal y a los polos celestes norte y sur como sus polos fundamentales. Las coordenadas se dan en ascenso recto y declinación.

sizigi: configuración de la Luna cuando su elongación es 0° (Luna nueva) o 180° (Luna llena).

solsticios: véanse *solsticio de verano* y *solsticio de invierno*.

solsticio de invierno: punto de la esfera celeste en que el Sol alcanza su mayor distancia al sur del ecuador celeste alrededor del 21 de diciembre.

solsticio de verano: punto de la esfera celeste en que el Sol alcanza su mayor distancia al norte del *ecuador celeste* alrededor del 21 de junio.

Trópico de Cáncer: paralelo de latitud $23\frac{1}{2}^\circ$ N.

Trópico de Capricornio: paralelo de latitud $23\frac{1}{2}^\circ$ S.

zenith: Véase *cenit*.

APÉNDICE B

Factores que afectan la determinación precisa de orientaciones astronómicas

Los fenómenos del orto y del ocaso fueron muy importantes para los astrónomos nativos americanos, pero el examen de acaecimientos en el horizonte del capítulo III ha

sido sumamente simple e idealizado. Consideraremos aquí algunos de los fenómenos que lamentablemente complican la determinación del punto preciso en que un cuerpo celeste aparecerá o desaparecerá en el horizonte. Son estas consideraciones que no deben pasar por alto quienes trabajan en ese campo, sobre todo cuando determinan orientaciones astronómicas con objeto de calcular de manera precisa el punto del horizonte en que antaño tuvo lugar algún fenómeno en particular.

Un ligero cambio en el acimut del orto y del ocaso de un cuerpo astronómico puede obedecer a:

- 1) Una alteración de las coordenadas ecuatoriales de ese cuerpo a causa de la precesión de los equinoccios.
- 2) La refracción de la luz en la atmósfera terrestre.
- 3) La absorción de la luz por la atmósfera terrestre.
- 4) La desviación de la silueta del horizonte con respecto al horizonte astronómico.

Precesión

El movimiento del eje terrestre es como el de un trompo bamboleante. Aunque la explicación física carezca de importancia en este contexto, una de las consecuencias de ese movimiento de bamboleo (rotación) es que tanto los polos como el ecuador celestes migran lentamente entre las estrellas. Puesto que el ecuador celeste también se desplaza con respecto a la eclíptica, el punto del equinoccio de primavera se deslizará asimismo entre las estrellas de una a otra constelación del Zodiaco. Nos preguntamos si los astrónomos mesoamericanos llegaron a detectar este movimiento.²⁶ Aunque carezcamos de sólidos indicios al respecto, cuando menos tenemos conciencia de que los mayas utilizaron un Zodiaco formado por una franja de constelaciones que se extendía a lo largo de la eclíptica. El desplazamiento del equinoccio de primavera (llamado precesión, del latín *praecessio*, “adelantamiento”, “acción de ir adelante”) tiene lugar a lo largo de la eclíptica, en dirección poniente y a razón de 50 segundos de arco al año. En la figura 43 se muestra (sumamente exagerado) el movimiento precesional VV' para 100 años y en las inserciones se ve el desplazamiento del polo norte celeste y del equinoccio de primavera en el largo plazo y entre las estrellas. La posición actual del polo norte celeste casualmente coincide (con margen de $1/2^\circ$) con la de Polaris, nuestra actual estrella polar, pero no siempre ha sido así. Entre los años 3000 y 2000 a.C., Tubán, débil estrella de la cola de la constelación del Dragón, fue una mejor aproximación de estrella polar.

²⁶ La precesión era conocida en Occidente al menos desde los tiempos de Hiparco, aunque no hay testimonio de que los astrónomos occidentales computaran exactamente todo el sitio hasta el Renacimiento. Véase la exposición en Evans, 1998, pp. 259-262.

Si las estrellas se desplazan con respecto a los polos y los equinoccios, entonces sus coordenadas ecuatoriales deben cambiar con el tiempo. En la figura 43 supongamos que las coordenadas ecuatoriales de la estrella R fueron VB y BR, respectivamente, en el año 1900. Para el año 2000 las coordenadas son V'B' y B'R. En el caso representado en la figura han aumentado tanto la ascensión recta como la declinación de R.

Por la ecuación de la nota 4 de este capítulo vemos que un cambio de declinación produce un cambio de acimut de salida y puesta del cuerpo. Aunque los cambios de declinación calculados que obedecen a la precesión sean apenas perceptibles en el transcurso de una vida humana, a lo largo de los siglos pueden sumar varios grados. Al investigar el posible alineamiento astronómico de estructuras antiguas debemos valernos de las tablas de declinación dependientes del tiempo. Conociendo mediante métodos arqueológicos la fecha aproximada de construcción de una estructura, podemos saber las declinaciones que tenían en aquel entonces posibles objetos astronómicos vinculados a ella, a fin de determinar si la estructura pudo haberse orientado astronómicamente. Invirtiendo el problema, también podríamos intentar determinar astronómicamente la fecha de construcción de un edificio encontrando cuándo fue alineado con determinado objeto de importancia conocido. Para ser aceptable, esta fecha debería concordar con aquella derivada mediante métodos arqueológicos mucho más precisos cuando éstos estuvieran disponibles.

Si bien el polo norte celeste traza una amplia trayectoria circular entre las estrellas, el equinoccio de primavera recorre un círculo aún mayor a lo largo de la eclíptica. Así, completa uno de los ciclos celestes más largos que podían detectar los antiguos: un circuito de 26 000 años a través de las 12 constelaciones del Zodiaco occidental distribuidas a uno y otro lados de la eclíptica. En la actualidad, al llegar el primer día de primavera, el Sol está en la constelación de Piscis. Para el año 2700 d.C. el equinoccio de primavera se habrá deslizado hacia Acuario. Como se ve en la inserción de la figura 43, hace 2 000 años el equinoccio de primavera estaba en Aries; a decir verdad, se le conocía como “el primer punto de Aries” entre los astrólogos de Europa oriental. Su símbolo actual sigue siendo el símbolo de Aries, el Carnero. En la época del antiguo Imperio egipcio, en el equinoccio de primavera el Sol se situaba entre los cuernos de Tauro, el Toro, hecho este simbolizado en la antigua iconografía egipcia. Poco antes del año 2000 a.C. el equinoccio de primavera se deslizó junto a las Pléyades y hacia 1800 a.C. entró en Aries, a través de la cual se desplazó lentamente durante el desarrollo de las civilizaciones nativas de América.

Los cambios de tiempo y posición de salida pueden servir para detectar la precesión de los equinoccios. Año con año el paso del Sol entre las constelaciones zodiacales se aprecia mediante la observación de los ortos heliacos de estrellas brillantes, fenómeno que se aborda detenidamente en el apéndice C de este capítulo. Por ejemplo, cuando

el Sol se desplaza de Géminis a Cáncer (lo que en la actualidad ocurre a fines de julio), las estrellas brillantes Cástor y Pólux son visibles por un breve lapso antes del alba. Al cabo de un mes, cuando el astro entra en Leo, son visibles durante un periodo mucho más largo antes del amanecer. Los astrónomos antiguos pudieron detectar fácilmente el largo movimiento precesional observando los cambios de la fecha del año en que las estrellas brillantes pasaban por el orto heliaco. Como promedio, la fecha del orto heliaco de una estrella brillante cambia alrededor de un día por año calendárico en el transcurso de una vida humana. Mediante el mito y la leyenda, los primeros observadores del firmamento transmitieron su conocimiento sobre el paso del equinoccio de primavera de una a otra constelación a lo largo del Zodiaco.

Los desplazamientos del Sol, la Luna y los planetas no se ven afectados por la precesión de los equinoccios; sin embargo, en el transcurso de largos periodos de tiempo se producen leves cambios en sus posiciones de orto y ocaso, porque la eclíptica y las órbitas de la Luna y los planetas también sufren ligeras alteraciones en relación con las estrellas fijas. El ángulo entre la eclíptica y el ecuador (la oblicuidad de la eclíptica) ha venido disminuyendo de manera sostenida desde la historia documentada en aproximadamente 40 segundos de arco por siglo. En el cuadro 8 tabulamos su valor en distintas épocas del pasado recurriendo a la fórmula de la oblicuidad del ecuador dada en Woolard y Clemence (1966, p. 280). De ese modo, la oblicuidad ha disminuido alrededor de $1/2^\circ$ entre el año 2000 a.C. y la época actual, lo que basta para producir un cambio apreciable en el acimut de salida y puesta del Sol durante los cinco milenios anteriores. Por cuanto a la mayor parte de nuestro interés en Mesoamérica, esto puede pasar inadvertido.

Refracción

Si observamos una estrella en una trayectoria suficientemente amplia por la atmósfera terrestre, por ejemplo, cuando está cerca del horizonte, no podemos verla en la posición real que ocuparía en ausencia de esa atmósfera. El fenómeno de refracción atmosférica, que se ilustra en la figura 44, hace que la estrella parezca ligeramente más arriba de su posición verdadera. A medida que la luz de la estrella abandona el cuasivacío del espacio interplanetario y penetra en la atmósfera terrestre, su dirección cambia ligeramente hacia la de una perpendicular a la superficie del globo en el punto donde se sitúa un observador, O. El grado de curvatura del rayo luminoso aumenta con la longitud de la trayectoria descendente a través de la atmósfera. Si miramos hacia la dirección en que llega el haz, vemos una estrella en el punto A a un ángulo h' por encima del horizonte, mientras que la posición que ocuparía en ausencia de la atmósfera está representada por A' a un ángulo h por encima del horizonte. El ángulo AOA' , o $h' - h$,

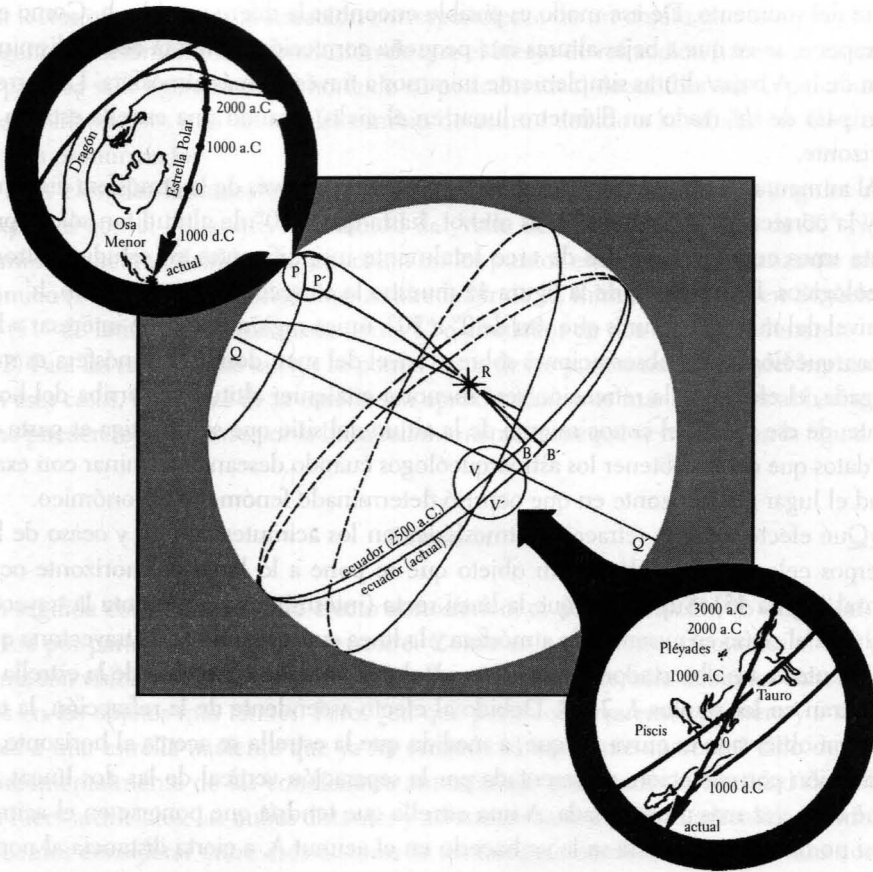


FIGURA 43. El ciclo de 26 000 años de la precesión de los equinoccios da por resultado un desplazamiento de los polos celestes y los equinoccios entre las estrellas, detectable en el transcurso de una vida humana. Para el arqueoastrónomo, una de las consecuencias de ese fenómeno es el cambio de coordenadas ecuatoriales, lo que hace que los puntos de orto y ocaso de una estrella dependan del tiempo. Cada marca en las escalas de la ampliación de la región polar (arriba a la izquierda) y la región ecuatorial (abajo a la derecha) representa 1 000 años de desplazamiento. (Diagrama de P. Dunham.)

corrección debida a la refracción, se puede medir en diversas circunstancias. En la figura se ha exagerado considerablemente. Por simple geometría podemos calcular qué altitud, h , debería tener una estrella en ausencia de atmósfera en un momento determinado. Mediante observaciones reales se puede determinar h' , la altitud apa-

rente del momento. De ese modo es posible encontrar la diferencia $h' - h$. Como era de esperar, se ve que a bajas alturas esta pequeña corrección aumenta con la disminución de h . A bajas alturas simplemente miramos a través de más atmósfera. La corrección pasa de $1/2^\circ$ (todo un diámetro lunar en el cielo) cuando una estrella está en el horizonte.

Al aumentar la altitud la longitud de la trayectoria a través de la atmósfera disminuye y la corrección por refracción es menor, hasta que a 30° de altitud tan sólo representa unos cuantos segundos de arco totalmente insignificantes en estudios astroarqueológicos. La inserción de la figura 44 muestra la corrección por refracción, $h' - h$, al nivel del mar para alturas que van de 0° a 20° , única región que debe interesar a los astroarqueólogos. En observaciones sobre el nivel del mar, donde la atmósfera es más delgada, el efecto de la refracción será menor a cualquier altitud por arriba del horizonte; de ese modo, el conocimiento de la altura del sitio que se investiga es parte de los datos que deben obtener los astroarqueólogos cuando desean determinar con exactitud el lugar del horizonte en que ocurrió determinado fenómeno astronómico.

¿Qué efecto tiene la refracción atmosférica en los acimutes de orto y ocaso de los cuerpos celestes? Considérese un objeto que se pone a lo largo del horizonte occidental (figura 45). Supóngase que la línea recta (intermitente) representa la trayectoria hacia el ocaso en ausencia de atmósfera y la línea curva (continua) la trayectoria que realmente ve un observador. La posición ideal y la posición observada de la estrella se muestran en los puntos 1, 2 y 3. Debido al efecto ascendente de la refracción, la trayectoria observada es curva porque, a medida que la estrella se acerca al horizonte, la corrección por refracción, representada por la separación vertical de las dos líneas, se hace cada vez más pronunciada. A una estrella que tendría que ponerse en el acimut A_0 si no hubiera atmósfera se le ve hacerlo en el acimut A , a cierta distancia al norte.

CUADRO 8. *Oblicuidad de la eclíptica en distintas fechas del pasado*

2500 a.C.	23°58'.7
2000 a.C.	23°55'.6
1500 a.C.	23°52'.4
1000 a.C.	23°49'.0
500 a.C.	23°45'.4
0	23°41'.7
500 d.C.	23°38'.0
1000 d.C.	23°34'.1
1500 d.C.	23°30'.3
época actual	23°26'.5

Un lector que analizara la situación correspondiente de un objeto que sale por el este llegará correctamente a la conclusión de que el efecto de refracción hace que un objeto parezca salir ligeramente al norte de su posición ideal de salida. Vale la pena hacer dos señalamientos más acerca del cambio de acimut debido a la refracción. El efecto es más pronunciado:

1) A elevadas latitudes en que los senderos de las estrellas forman ángulos más pequeños con el horizonte. A la latitud del Valle de México (alrededor de 20° N) el cambio de acimut debido a la refracción en los puntos este y oeste del horizonte astronómico (0° de altitud) apenas alcanza alrededor de 12 minutos de arco; en Stonehenge (51° de latitud) es aproximadamente 1° o alrededor de dos diámetros lunares.

2) Para las estrellas que salen y se ponen cerca de los puntos norte y sur del horizonte. En esos casos, los rastros de la estrella son aproximadamente más tangentes al horizonte y no pueden representarse por la línea relativamente recta que se muestra en la figura 45.

Extinción

En seguida consideramos otro efecto atmosférico, el de la absorción (o extinción) de la luz por parte de la atmósfera terrestre. Como en condiciones favorables el Sol y la Luna son visibles en todo momento hasta llegar al horizonte, sólo debemos concentrarnos en los objetos más tenues. Pero, ¿en qué punto observaremos primero y a simple vista a una estrella naciente que ya ha cruzado el horizonte aparente? Ello depende fundamentalmente de las condiciones atmosféricas cotidianas: la cantidad de polvo, las luces artificiales, las nubes distantes y así sucesivamente. En la actualidad también debemos considerar entre esos factores la contaminación de la atmósfera. Las condiciones atmosféricas cotidianas más favorables se pueden determinar mejor mediante observaciones prolongadas en un sitio dado. A partir de mediciones realizadas en el cielo relativamente libre de contaminación de la campiña del estado de Nueva York, encuentro que la mayor parte de las estrellas muy brillantes son visibles hasta alturas menores que unos pocos minutos de arco en una noche clara. De allí que en la mayoría de los casos sean ínfimos los cambios de acimut resultantes. Si los antiguos concibieron cualesquiera alineamientos estelares en sus obras arquitectónicas, es probable que sólo se hayan interesado por las estrellas brillantes. Pero si se emplean estrellas más tenues que las de primera magnitud, es importante que consideremos la corrección por extinción. Por ejemplo, Alción (de magnitud 2.9), la estrella más brillante de las Pléyades, no es visible a simple vista a alturas menores de 3° , así sea en las mejores condiciones celestes que yo haya observado. Para esta estrella el cambio de acimut a latitudes medias es de aproximadamente 3° .

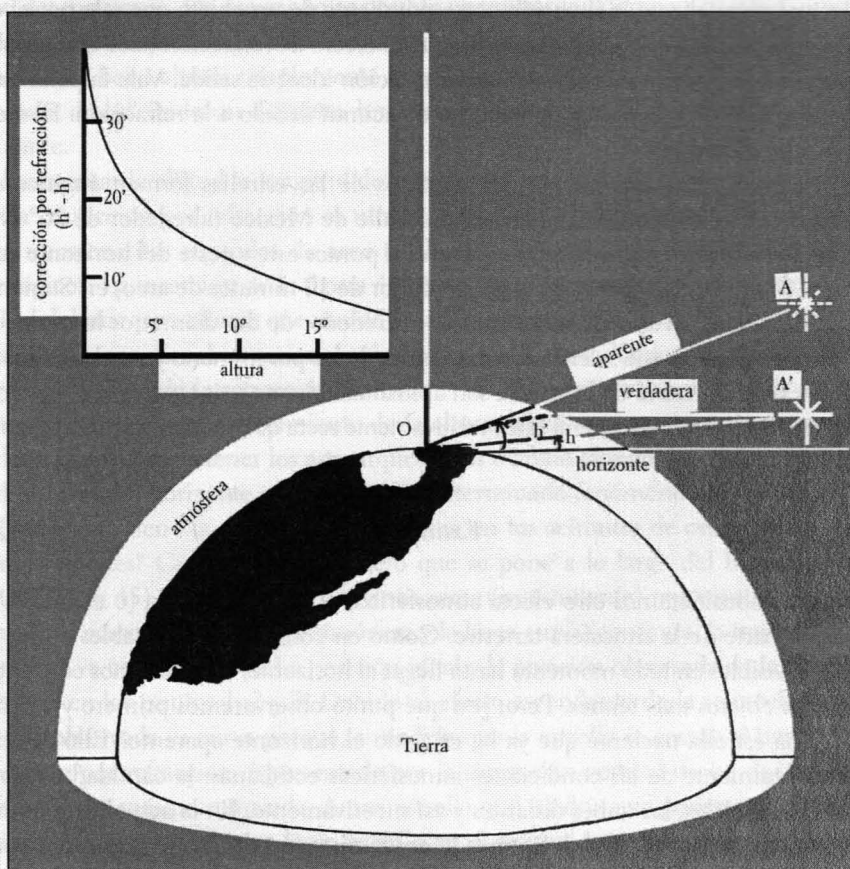


FIGURA 44. La refracción eleva a una estrella por encima de su verdadera posición cuando está cerca del horizonte. En el recuadro, una gráfica de ángulo de refracción en relación con la altura para un objeto situado abajo del horizonte. (Diagrama de P. Dunham.)

Según las investigaciones de Alexander Thom (1967, p. 161), la altura sobre el horizonte de la primera aparición o de la última desaparición de una estrella equivale aproximadamente a su magnitud estelar (pero véase Schaefer, 1987a, sobre las complicaciones con esta regla práctica aproximada). Así, los objetos brillantes Venus, Júpiter, Sirio, Canopo y Arturo (de magnitud cero o menos) son visibles **hasta** el horizonte astronómico. Cástor y Pólux (de primera magnitud) no son visibles **debajo de** 1° de altura, y las estrella de segunda magnitud de la Osa Mayor **desaparecen a** alrededor de

2° sobre el horizonte. Como ocurre con la refracción, el cambio de acimut es mayor a mayores latitudes.

La fotografía de las estrellas ponientes de la figura 46, tomada a una latitud norte media, muestra tanto el efecto de refracción atmosférica como el de extinción. La refracción hace que el sendero de las estrellas se curve ligeramente hacia el norte (a la derecha) a medida que las estrellas se ponen. Para que se convenza de ello, trate de tirar una línea recta a lo largo de una de las trayectorias. Al mismo tiempo, las estrellas se hacen progresivamente más tenues a medida que se acercan al horizonte, desapareciendo de vista las más débiles de ellas antes de tocar el paisaje. Las luces de un centro comercial como telón de fondo son un obstáculo más para el observador moderno del firmamento.

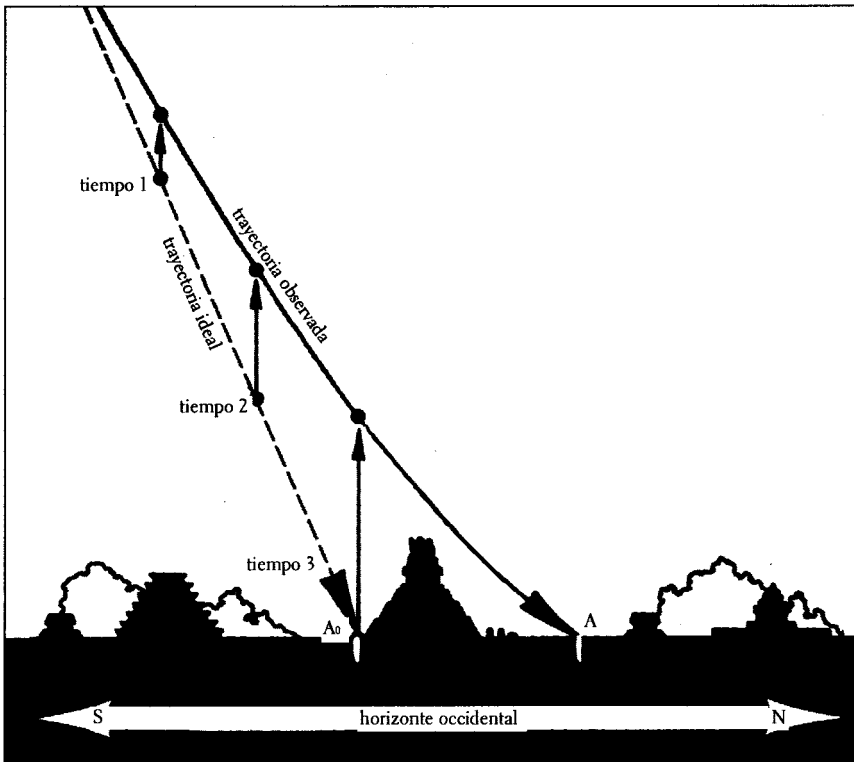


FIGURA 45. La trayectoria observada y la trayectoria ideal de una estrella al ponerse en el occidente. (Diagrama de P. Dunham.)

Variaciones del horizonte visible

Idealmente, concebimos las posiciones de orto y ocaso de un objeto como los puntos en que éste cruza el horizonte astronómico, un gran círculo en que cualquier punto dista 90° del cenit del observador. Pero si bien esa condición casi puede encontrarse en el océano, no acontece lo mismo de una manera general con respecto a la tierra. Las montañas y los valles distantes se combinan para formar una línea ondulada en que algunos sitios pueden apartarse muchos grados del horizonte astronómico. En determinados sitios arqueológicos erigidos en terreno escabroso del centro de México el horizonte es especialmente irregular.

Considérese una hipotética montaña en cierto segmento del horizonte oriental (figura 47). Una estrella brillante que debiera salir en A_0 sobre el horizonte astronómico en realidad hace su primera aparición desde atrás de la pendiente de la montaña en el acimut A . Si se desea reproducir las condiciones en que la vieron los antiguos, el astroarqueólogo debe calcular una corrección, $A - A_0$, en puntos importantes a lo largo del horizonte. Así, al determinar orientaciones astronómicas, se deben medir elevaciones y depresiones locales a lo largo del horizonte de un sitio dado. En general, las elevaciones que rebasan el horizonte astronómico desplazan los acimutes de orto y ocaso hacia el sur, mientras que las depresiones producen un desplazamiento opuesto. Una vez más, el efecto aumenta a mayor latitud y proximidad a los puntos norte y sur del horizonte. También apreciamos que el efecto producido por una elevación del horizonte es opuesto al que produce la refracción. Con frecuencia, estos dos efectos problemáticos pueden contrarrestarse entre sí.

Todas las dificultades señaladas se toman en cuenta en el cuadro 9, donde se enumeran las posiciones de orto y ocaso de cuerpos celeste prominentes, tal como las vería realmente un observador situado a una latitud de 21° N, representativa tanto del Valle de México como del norte de Yucatán, sitios donde florecieron las grandes culturas del continente americano. Las columnas verticales dan los acimutes calculados para épocas separadas por 500 años. Cualesquiera diferencias entre ellas para un cuerpo dado son atribuibles a la precesión, efecto que varía considerablemente con la posición en el sistema ecuatorial de coordenadas. Compárense los 3° de cambio acimutal de las Pléyades con el cambio sufrido por Pólux entre los años de 1500 y 1000 a.C. Los efectos de horizonte son evidentes si comparamos los datos aplicables a un horizonte plano de 0° de elevación (cuadro 9a) con el calculado para un horizonte de 3° de altura (cuadro 9b). Las posiciones del Sol y de la Luna se determinan según el primero y el último haz luminoso; esto es, cuando el borde superior de uno y otro cuerpo es visible un instante por arriba del horizonte aparente. Nótese lo poco que estas posiciones varían con el tiempo. Como la Luna y el Sol están mucho más próximos que los demás cuer-



FIGURA 46. Esta escena de algunas estrellas que se ponen en un horizonte moderno muestra varios de los efectos mencionados en el texto.

pos incluidos en el cuadro también es necesario hacer correcciones especiales de paralaje. Éstas se examinan detenidamente en otra parte (véanse las referencias bibliográficas al final del capítulo). Las posiciones planetarias varían de manera irregular hasta $\frac{1}{2}^\circ$ dentro de los intervalos tabulados; por consiguiente, también se les ha omitido en el cuadro.

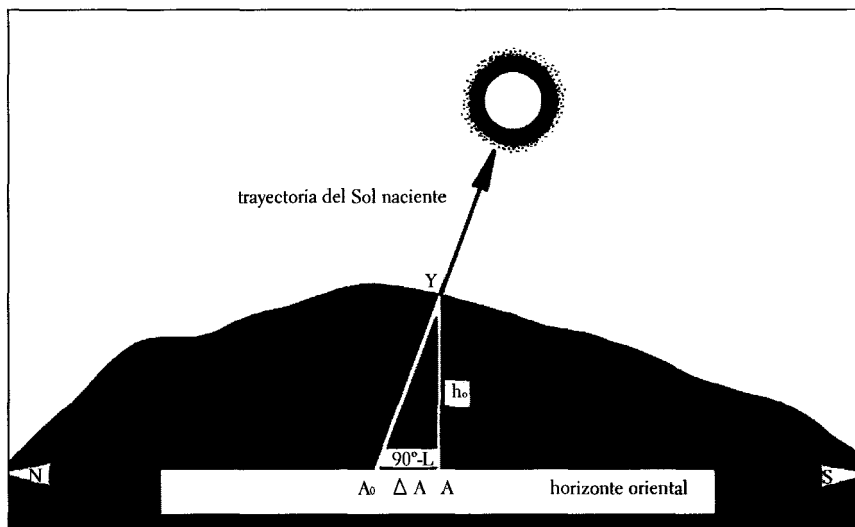


FIGURA 47. Los picos y los valles a lo largo del horizonte influyen en la determinación del acimut en que se verá por primera ocasión un cuerpo celeste. (Diagrama de P. Dunham.)

APÉNDICE C

Fenómenos de orto y ocaso heliacos

La reaparición de una estrella brillante en el cielo del crepúsculo matutino se llama *orto heliaco* (de *Helios*, nombre griego del Sol).²⁷ Tal acontecimiento visual constituye otro marcador del tiempo en el calendario de la naturaleza. En consecuencia, fue registrado puntualmente por los astrónomos antiguos de todo el mundo a fin de fijar importantes fechas civiles, religiosas y agrícolas del año. Como hemos visto, hay abundantes pruebas históricas de que el orto heliaco de las Pléyades fue observado en muchas civilizaciones antiguas. Su prominencia y proximidad a la eclíptica fueron posibles factores que contribuyeron a ello.

La figura 48 nos ayudará a entender las circunstancias que intervienen en la desaparición y la reaparición anual de las estrellas. En ella seguimos al Sol entre las estre-

²⁷ La salida de una estrella al mismo tiempo que el Sol se denomina *orto cósmico*, en tanto que la salida de una estrella en el momento de la puesta del astro se conoce como *orto acrónico*. Por el contrario, una estrella se oculta cósmicamente (*ocaso cósmico*) en el momento del ocaso del Sol, y acrónicamente (*ocaso acrónico*) cuando el Sol sale. Aunque mencionados ocasionalmente en las obras de astronomía, estos fenómenos tienen poca importancia para la astronomía a simple vista, toda vez que, a diferencia de los fenómenos heliacos, no son directamente visibles.

llas cercanas a las Pléyades, mostrando el horizonte de un observador situado a 20° de latitud N en varias fechas.

El 25 de mayo, al salir el Sol, las Pléyades están situadas alrededor de 8° arriba del horizonte oriental, tras haber salido ligeramente al norte del punto en que aparece el Sol, una media hora antes del alba. (Para verificarlo, úsese la escala en grados de la base del diagrama.) Sin embargo, en ese momento se pierden en el resplandor del Sol; en consecuencia, no son detectables. Hacia el 30 de mayo el Sol naciente (al que el horizonte acompaña en el diagrama) ha retrocedido otros 5° con respecto al grupo de estrellas.

Cuando el Sol sale en esta fecha las Pléyades escasamente se hallan 12° arriba del horizonte. Al salir el astro el 4 de junio se han alejado 5° más del horizonte. Las observaciones demuestran que el brillo de una estrella con respecto al resplandor del cielo cercano al horizonte, a lo largo del cual sale, determinará el momento en que la estrella será vista por primera ocasión. Se ha encontrado que las estrellas de primera magnitud situadas en el mismo horizonte que el Sol son visibles cuando el astro se halla alrededor de 10° bajo el horizonte; las estrellas de segunda magnitud, cuando está hundido alrededor de 14° . En ausencia de niebla matutina, un denso agrupamiento de estrellas de tercera magnitud como las Pléyades es visible cuando el Sol está 16° o 17° bajo el horizonte. De este modo, el orto heliaco de las Pléyades, o MFIRST, debe producirse alrededor del 4 de junio. En la figura este horizonte aparece decorado y el Sol naciente está puesto en la posición apropiada. Después de esta fecha, el Sol se desplaza fuera de la región mostrada en la figura 48 y el grupo de estrellas destaca más en el cielo matutino, saliendo cada día progresivamente más temprano que el astro. Cerca de medio año después, las Pléyades se habrán desplazado a la mitad del cielo respecto al Sol naciente. Para entonces ocupan una posición en el horizonte occidental cuando empieza a producirse el crepúsculo matutino. En ese momento se dice que entran en su ocaso heliaco o MLAST. Para una estrella de primera magnitud que se pone al oeste, ese fenómeno ocurre cuando el Sol está hundido alrededor de 7° tras el horizonte oriental; para las estrellas de segunda magnitud, la altura del Sol debe ser como mínimo menos 10° . El ocaso heliaco de las Pléyades ocurre alrededor del 7 de noviembre.

Supóngase ahora que presenciamos la puesta del Sol en esa fecha. ¿Qué estrellas aparecerán opuestas al Sol por el este? Como las Pléyades fueron visibles por el poniente al principio del crepúsculo matutino, todavía no se pueden ver sobre el horizonte oriental al término del crepúsculo vespertino, aunque las constelaciones del Triángulo, Aries y Perseo, todas ellas localizadas ligeramente al oeste de las Pléyades, aparecerán a baja altura en el oriente. Unas semanas después (alrededor del 25 de noviembre), las Pléyades tendrán otro orto heliaco, esta vez al caer la noche (EFIRST), cuando son visibles por primera ocasión en el cielo del este, luego que el Sol se ha ocultado en el oeste. En las noches de fines de otoño y principios de invierno el grupo de estrellas sube aún

CUADRO 9a. *Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N. Altura del horizonte: 0°*

<i>Cuerpo celeste</i>	1500 a.C.		1000 a.C.		500 a.C.	
	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>
Sol en solsticio						
de verano	63°59'	296°01'	64°02'	295°58'	64°06'	295°54'
Sol en el solsticio						
de invierno	115 21	244 39	115 18	244 42	115 14	244 46
Sol en el paso por						
el cenit	67 12	292 48	67 12	292 48	67 12	292 48
Luna en máx. norte	58 46	301 14	58 49	301 11	58 53	301 07
Luna en máx. sur	121 24	238 36	121 21	238 39	121 17	238 43
Achernar	 <i>sin orto ni ocaso</i>					
Aldebarán	86 25	273 35	83 42	276 18	81 09	278 51
Alfa de Centauro	137 06	222 54	140 09	219 51	143 14	216 46
Alfa de la Cruz	138 14	221 46	141 04	218 56	144 05	215 55
Estrella Polar	 <i>sin orto ni ocaso</i>					
Altair	82 49	277 11	83 25	276 35	83 42	276 18
Antares	102 55	257 05	105 44	254 16	108 25	251 35
Arturo	46 31	313 29	50 00	310 00	53 25	306 35
Beta de Centauro	134 46	225 14	137 53	222 07	141 06	218 54
Beta de la Cruz	134 05	225 55	136 56	223 04	139 57	220 03
Betelgeuze	90 22	269 38	88 16	271 44	86 26	273 34
Canopus (o Canopo)	149 35	210 25	148 52	211 08	148 20	211 40
Capela	52 54	307 06	50 07	309 53	47 30	312 30
Cástor	56 52	303 08	55 24	304 36	54 19	305 41
Deneb	49 41	310 19	48 58	311 02	48 02	311 58
Épsilon de Orión*	100 39	259 21	98 29	261 31	96 33	263 27
Fomalhaut	137 11	222 49	135 55	224 05	134 15	225 45
Pléyades	81 12	278 48	78 14	281 46	75 23	284 37
Pólux	59 43	300 17	58 30	301 30	57 39	302 21
Proción	82 26	277 34	81 41	278 19	81 14	278 46
Régulo	64 19	295 41	65 12	294 48	66 26	293 34
Rigel	109 33	250 27	107 14	252 46	105 05	254 52
Sirio	109 18	250 42	108 14	251 46	107 26	252 34
Espiga	81 13	278 47	84 04	275 56	82 00	273 50
Vega	45°44'	314°16'	46°41'	313°19'	47°25'	312°35'

* Estrella central del Cinturón de Orión.

CUADRO 9a. Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N. Altura del horizonte: 0°
(concluye)

0		500 d.C.		1000 d.C.		1500 d.C.	
Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso
64°10'	295°50'	64°14'	295°46'	64°19'	295°41'	64°24'	295°36'
115 10	244 50	115 06	244 54	115 02	244 58	114 58	245 02
67 12	292 48	67 12	292 48	67 12	292 48	67 12	292 48
58 57	301 03	59 02	300 58	59 06	300 54	59 10	300 50
121 13	238 47	121 08	238 52	121 04	238 56	121 00	239 00
171 42	188 18	165 40	194 20	161 09	198 51	157 16	202 44
78 48	281 12	76 41	283 19	74 50	285 10	73 17	286 43
146 22	213 38	149 30	210 30	152 38	207 22	155 43	204 17
147 15	212 45	150 36	209 24	154 10	205 50	157 59	202 01
..... sin orto ni ocaso							
83 39	276 21	83 17	276 43	82 35	277 25	81 36	278 24
110 55	249 05	113 12	246 48	115 12	244 48	116 53	243 07
56 48	303 12	60 04	299 56	63 15	296 45	66 17	293 43
144 25	215 35	147 47	212 13	151 12	208 48	154 38	205 22
143 06	216 54	146 24	213 36	149 50	210 10	153 23	206 37
84 52	275 08	83 37	276 23	82 41	277 19	82 06	277 54
147 57	212 03	147 44	212 16	147 40	212 20	147 47	212 12
45 08	314 52	43 04	316 56	41 21	318 39	40 04	319 56
53 38	306 22	53 23	306 37	53 36	306 24	54 14	305 46
46 53	313 07	45 30	314 30	43 55	316 05	42 07	317 53
94 52	265 08	93 27	266 33	92 21	267 39	91 33	268 27
132 06	227 54	129 54	230 06	127 20	232 40	124 35	235 25
72 39	287 21	70 06	289 54	67 44	292 16	65 38	294 22
57 12	302 48	57 10	302 50	57 14	302 26	58 22	301 38
81 09	278 51	81 25	278 35	81 02	277 59	82 57	277 03
68 00	292 00	69 53	290 07	72 01	287 59	74 23	285 37
103 17	256 43	101 41	258 19	100 22	259 38	99 19	260 41
106 55	253 05	106 42	253 18	106 45	253 15	107 06	252 54
89 58	270 02	92 59	267 01	95 58	264 02	98 55	261 05
47° 55'	312°05'	48°11'	311°49'	48°13'	311°47'	48°01'	311°59'

CUADRO 9b. Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N.
Altura del horizonte: 3°

<i>Cuerpo celeste</i>	1500 a.C.		1000 a.C.		500 a.C.	
	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>	<i>Orto</i>	<i>Ocaso</i>
Sol en solsticio de verano	65°21'	294°39'	65°25'	294°35'	65°29'	294°31'
Sol en solsticio de invierno	116 48	243 12	116 45	243 15	116 41	243 19
Sol en el paso por el cenit	68 33	291 27	68 33	291 27	68 33	291 27
Luna en máx. norte	60 11	299 49	60 14	299 46	60 18	299 42
Luna en máx. sur	122 59	237 01	122 56	237 04	122 51	237 09
Achernar	 <i>sin orto ni ocaso</i>					
Aldebarán	87 42	272 18	84 59	275 01	82 26	277 34
Alfa de Centauro	139 05	220 55	142 16	217 44	145 31	214 29
Alfa de la Cruz	140 16	219 44	143 14	216 46	146 25	213 35
Estrella polar	 <i>sin orto ni ocaso</i>					
Altair	84 06	275 54	84 42	275 18	84 59	275 01
Antares	204 15	255 45	107 05	252 55	109 48	250 12
Arturo	48 11	311 49	51 35	308 25	54 57	305 03
Beta de Centauro	136 40	223 20	139 53	220 07	143 16	216 44
Beta de la Cruz	135 57	224 03	138 55	221 05	142 04	217 56
Betelgeuze	91 38	268 22	89 32	270 28	87 42	272 18
Canopus (o Canopo)	152 19	207 41	151 33	208 27	150 58	209 02
Capela	54 26	305 34	51 42	308 18	49 09	310 51
Cástor	59 20	301 40	56 53	303 07	55 49	304 11
Deneb	51 17	308 43	50 35	309 25	49 40	310 20
Épsilon de Orión*	101 58	258 02	99 47	260 13	97 50	262 10
Fomalhaut	139 10	220 50	137 51	222 09	136 07	223 53
Pléyades	82 28	277 32	79 32	280 28	76 41	283 19
Pólux	61 09	298 51	59 56	300 04	59 06	300 54
Proción	83 43	276 17	82 57	277 03	82 31	277 29
Régulo	65 42	294 18	66 34	293 26	67 47	292 13
Rigel	110 56	249 04	108 36	251 24	106 29	253 31
Sirio	110 41	249 19	109 37	250 23	108 48	251 12
Espiga	82 30	277 30	85 20	274 40	88 16	271 44
Vega	47°26'	312°34'	48°21'	311°39'	49°04'	310°56'

* Estrella central del Cinturón de Orión.

CUADRO 9b. Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N.
Altura del horizonte: 3° (concluye)

0		500 d.C.		1000 d.C.		1500 d.C.	
Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso
65°32'	294°28'	65°37'	294°23'	65°42'	294°18'	65°47'	294°13'
116 37	243 23	116 33	243 27	116 29	243 31	116 25	243 35
68 33	291 27	68 33	291 27	68 33	291 27	68 33	291 27
60 22	299 38	60 26	299 34	60 30	299 30	60 35	299 25
122 47	237 13	122 43	237 17	122 39	237 21	122 34	237 26
.....		172 52	187 08	165 52	194 08	161 01	198 59
80 05	279 55	77 59	282 01	76 08	283 52	74 35	285 25
148 51	211 09	152 15	207 45	155 42	204 18	159 13	200 47
149 48	210 12	153 27	206 33	157 26	202 34	161 52	298 08
..... sin orto ni ocaso							
84 56	275 04	84 34	275 26	83 52	276 08	82 52	277 08
112 19	247 41	114 37	245 23	116 39	243 21	118 22	241 38
58 16	301 44	61 30	298 30	64 38	295 22	67 39	292 21
146 46	213 14	150 23	209 37	154 06	205 54	157 58	202 02
145 23	214 37	148 53	211 07	152 36	207 24	156 32	203 28
86 08	273 52	84 53	275 07	83 58	276 02	83 22	276 38
150 33	209 27	150 19	209 41	150 15	209 45	150 22	209 38
46 50	313 10	44 50	315 10	43 11	316 49	41 56	318 04
55 09	304 51	54 55	305 05	55 07	304 53	55 45	304 15
48 33	311 27	47 12	312 48	45 40	314 20	43 55	316 05
96 09	263 51	94 44	265 16	93 37	266 23	92 50	267 10
134 01	225 59	131 38	228 22	129 00	231 00	126 12	233 48
73 58	286 02	71 25	288 35	69 05	290 55	67 00	293 00
58 40	301 20	58 38	301 22	59 02	300 58	59 49	300 11
82 26	277 34	82 41	277 19	83 17	276 43	84 13	275 47
69 21	290 39	71 12	288 48	73 20	286 40	75 42	284 18
104 37	255 23	103 01	256 59	101 40	258 20	100 38	259 22
108 17	251 43	108 03	251 57	108 07	251 53	108 27	251 33
91 15	268 45	94 16	265 44	97 16	262 44	100 13	259 47
49°33'	310°27'	49°49'	310°11'	49°51'	310°09'	49°39'	310°21'

más en el cielo del este. Finalmente, el Sol, que reaparece en el lado derecho de la figura 48, empieza a acercarse a las Pléyades. El 30 de abril el astro se ha desplazado hasta unos 20° de distancia del grupo. Hacia el 3 de mayo se acerca a 17° y las Pléyades entran en otro ocaso heliaco, siendo esta vez difícilmente detectables arriba del horizonte occidental al término del crepúsculo vespertino (ELAST). Una vez más, en la figura se ha adornado el horizonte de esa importante fecha. Aunque se ponen después del Sol, unos días después las Pléyades son invisibles a causa del resplandor del astro. El grupo de estrellas se pierde entonces de vista por un periodo alrededor de un mes, aproximadamente del 3 de mayo al 4 de junio; la zona de desaparición se muestra en la figura 48 como el segmento blanco de la trayectoria del Sol a lo largo de la eclíptica. El 4 de junio las Pléyades acuden a su cita celeste, pasando una vez más por un orto heliaco (MFIRST), tras lo cual se reanuda un nuevo ciclo astronómico.

En resumen, cuatro fechas significativas marcan el ciclo anual de aparición y desaparición de las estrellas brillantes:

a) MFIRST: El primer día en que una estrella es visible al salir por el este antes del orto del Sol.

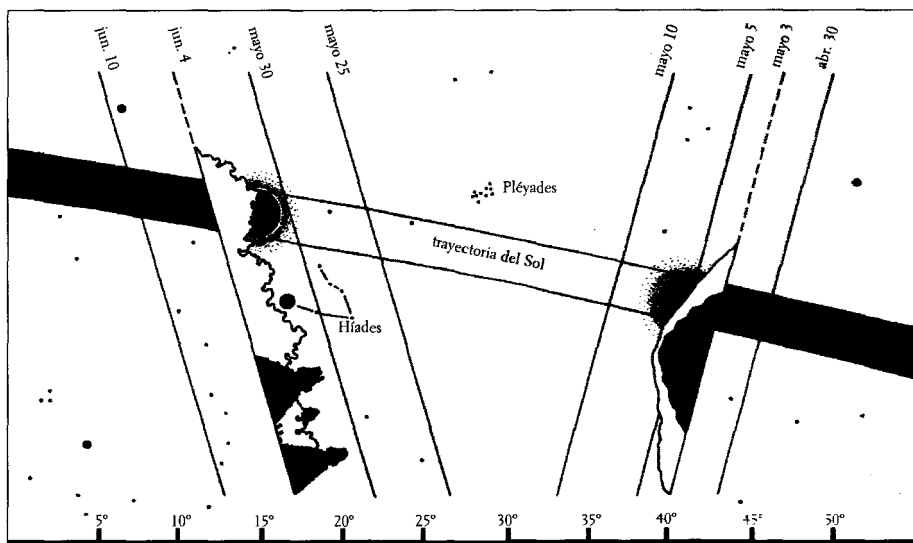


FIGURA 48. Orto y ocaso heliacos del grupo de estrellas de las Pléyades. Los horizontes de las fechas de orto y ocaso heliacos son líneas intermitentes. Entre esas fechas (zona blanca a lo largo de la eclíptica) las Pléyades están demasiado cerca del Sol para ser visibles. (Diagrama de P. Dunham.)

b) ELAST: El último día en que la estrella es visible al ponerse en el oeste después del ocaso del Sol.

c) EFIRST: El primer día en que una estrella es visible al salir por el este después del orto del Sol.

d) MLAST: El último día en que una estrella es visible al ponerse en el oeste antes del ocaso del Sol.

Por lo que toca a las Pléyades, las fechas son aproximadamente el 4 de junio, el 3 de mayo, el 7 de noviembre y el 25 de noviembre. Un cielo y unas condiciones topográficas variables pueden hacer que estos acaecimientos difieran por unos cuantos días en uno u otro sentido (para mayor información véase Schaefer, 1987b, y Purrington, 1988).

A causa de la precesión de los equinoccios las fechas también cambiarán lentamente con el transcurso de los años. Para el estudioso de la antigüedad americana es importante saber en qué fechas tenían lugar estos fenómenos astronómicos durante el esplendor cultural de la civilización nativa americana. Por tanto, en el cuadro 10 tabulamos las fechas (a) – (d) para estrellas brillantes observadas a una latitud de 21° N, con intervalos de 500 años, que van de 500 a.C. a 1500 d.C.

A quienes deseen calcular ortos, ocasos y altitudes máximas se les aconseja consultar Aveni y Hotaling, 1994 (pp. S49 y S50), en donde se dan las ecuaciones pertinentes.

APÉNDICE D

Determinación de la fecha aproximada de salida y puesta del Sol para un acimut dado

En Mesoamérica los arqueoastrónomos encuentran muchos casos en que las estructuras están alineadas específicamente para que queden frente al orto o al ocaso del Sol en una fecha determinada. Con frecuencia, los picos prominentes o los desfiladeros situados en el horizonte se usan para delinear un calendario solar.

Supóngase que hemos determinado el acimut de un alineamiento particular y deseamos saber aproximadamente cuándo saldrá el Sol —el centro de él— en la dirección especificada. Por ejemplo, en Malinalco, México (latitud $[L] = 18^{\circ}56' N$), medimos el acimut de la fachada del Templo IV (el llamado Templo del Sol) y encontramos que es $A = 105^{\circ}09'$. También medimos una altura de horizonte de $3^{\circ}28'$ correspondiente a ese acimut. Para resolver el problema calcularemos la declinación del Sol en esas circunstancias y nos remitiremos al cuadro 11 de declinaciones solares diarias.

En la figura 47 apreciamos que, como el horizonte es elevado, la posición observada de la salida del Sol (punto Y arriba del acimut A) aparecerá claramente al sur de la posición de salida del astro (punto A_0) sobre el horizonte astronómico. Por la figura 47

CUADRO 10. Orto y ocaso heliacos para estrellas brillantes observadas
a 21° de latitud N

Nombre	500 a.C.	0	500 d.C.	1000 d.C.	1500 d.C.
Achernar	—	jun. 23	jun. 16	jun. 13	jun. 12
	—	ene. 10	ene. 28	feb. 10	feb. 20
	—	dic. 5	nov. 27	nov. 23	nov. 22
	—	jul. 28	ago. 15	ago. 27	sept. 6
Aldebarán	mayo 16	mayo 23	mayo 29	jun. 4	jun. 11
	abr. 13	abr. 20	abr. 27	mayo 3	mayo 10
	oct. 22	oct. 29	nov. 5	nov. 12	nov. 19
	oct. 31	nov. 7	nov. 14	nov. 21	nov. 28
Alfa de Centauro	oct. 27	nov. 4	nov. 13	nov. 22	dic. 2
	ago. 12	ago. 16	ago. 21	ago. 25	ago. 30
	abr. 12	abr. 20	abr. 29	mayo 8	mayo 18
	mar. 3	mar. 7	mar. 12	mar. 17	mar. 22
Alfa de la Cruz	oct. 6	oct. 13	oct. 22	oct. 31	nov. 10
	jul. 7	jul. 10	jul. 12	jul. 13	jul. 14
	mar. 19	mar. 26	abr. 3	abr. 13	abr. 23
Altair	dic. 19	dic. 25	dic. 31	ene. 5	ene. 11
	dic. 15	dic. 21	dic. 27	ene. 2	ene. 7
	jun. 1	jun. 6	jun. 12	jun. 17	jun. 23
	jul. 4	jul. 10	jul. 15	jul. 21	jul. 27
Antares	nov. 7	nov. 15	nov. 22	nov. 29	dic. 7
	oct. 4	oct. 11	oct. 19	oct. 27	nov. 3
	abr. 19	abr. 27	mayo 4	mayo 11	mayo 18
	abr. 30	mayo 7	mayo 14	mayo 21	mayo 28
Arturo	sept. 20	sept. 28	oct. 4	oct. 11	oct. 18
	oct. 2	oct. 8	oct. 13	oct. 19	oct. 24
	mar. 7	mar. 14	mar. 21	mar. 28	abr. 3
	abr. 23	abr. 28	mayo 3	mayo 8	mayo 13
Beta de Centauro	oct. 19	oct. 27	nov. 5	nov. 15	nov. 25
	jul. 30	ago. 3	ago. 7	ago. 12	ago. 16
	abr. 1	abr. 10	abr. 19	abr. 28	mayo 9
	feb. 21	feb. 25	mar. 2	mar. 6	mar. 11
Beta de la Cruz	oct. 8	oct. 15	oct. 24	nov. 1	nov. 11
	jul. 12	jul. 15	jul. 18	jul. 21	jul. 24
	mar. 19	mar. 26	abr. 3	abr. 12	abr. 22
	feb. 5	feb. 9	feb. 12	feb. 15	feb. 18
Betelgeuze	jun. 6	jun. 12	jun. 17	jun. 23	jun. 29

CUADRO 10. Orto y ocaso heliacos para estrellas brillantes observadas
a 21° de latitud N (continúa)

Nombre	500 a.C.	0	500 d.C.	1000 d.C.	1500 d.C.
Canopus	mayo 3	mayo 10	mayo 16	mayo 22	mayo 28
	nov. 17	nov. 24	nov. 30	dic. 6	dic. 12
	nov. 17	nov. 24	nov. 30	dic. 6	dic. 13
	jul. 23	jul. 25	jul. 28	jul. 30	ago. 2
	mayo 5	mayo 7	mayo 10	mayo 12	mayo 15
	ene. 12	ene. 14	ene. 16	ene. 19	ene. 21
Capela	nov. 13	nov. 16	nov. 18	nov. 21	nov. 23
	abr. 27	mayo 5	mayo 13	mayo 22	mayo 30
	mayo 1	mayo 9	mayo 18	mayo 26	jun. 4
	oct. 7	oct. 15	oct. 24	nov. 2	nov. 11
Cástor	nov. 14	nov. 23	dic. 1	dic. 10	dic. 19
	jun. 19	jun. 26	jul. 3	jul. 10	jul. 18
	mayo 23	mayo 30	jun. 6	jun. 14	jun. 21
	nov. 22	nov. 30	dic. 8	dic. 16	dic. 24
Cinturón de Orión	dic. 15	dic. 23	dic. 31	ene. 8	ene. 16
	jun. 13	jun. 18	jun. 24	jun. 29	jul. 4
	abr. 22	abr. 28	mayo 4	mayo 10	mayo 16
	nov. 17	nov. 23	nov. 29	dic. 5	dic. 10
Deneb	nov. 13	nov. 19	nov. 25	dic. 1	dic. 7
	dic. 28	ene. 1	ene. 4	ene. 8	ene. 11
	ene. 16	ene. 20	ene. 25	ene. 29	feb. 3
	jun. 8	jun. 11	jun. 14	jun. 17	jun. 20
Espiga	ago. 6	ago. 10	ago. 15	ago. 20	ago. 24
	sept. 22	sept. 29	oct. 6	oct. 13	oct. 20
	ago. 20	ago. 27	sept. 3	sept. 10	sept. 17
	mar. 4	mar. 11	mar. 18	mar. 25	abr. 1
Fomalhaut	mar. 17	mar. 24	mar. 31	abr. 7	abr. 14
	feb. 23	mar. 4	mar. 12	mar. 20	mar. 28
	dic. 31	ene. 8	ene. 17	ene. 25	feb. 2
	jul. 30	ago. 7	ago. 15	ago. 23	ago. 30
Pléyades	jul. 21	jul. 30	ago. 7	ago. 15	ago. 23
	mayo 7	mayo 13	mayo 19	mayo 24	mayo 29
	mar. 29	abr. 5	abr. 12	abr. 19	abr. 26
	oct. 2	oct. 10	oct. 17	oct. 24	nov. 1
	oct. 22	oct. 29	nov. 4	nov. 11	nov. 18

CUADRO 10. Orto y ocaso heliacos para estrellas brillantes observadas a 21° de latitud N (concluye)

Nombre	500 a.C.	0	500 d.C.	1000 d.C.	1500 d.C.
Pólux	jun. 20	jun. 27	jul. 4	jul. 11	jul. 19
	mayo 28	jun. 5	jun. 12	jun. 19	jun. 26
	nov. 28	dic. 6	dic. 13	dic. 21	dic. 28
	dic. 17	dic. 25	ene. 1	ene. 9	ene. 16
Proción	jul. 2	jul. 8	jul. 14	jul. 20	jul. 26
	mayo 25	mayo 30	jun. 5	jun. 11	jun. 17
	dic. 11	dic. 18	dic. 24	dic. 30	ene. 5
	dic. 13	dic. 19	dic. 25	ene. 1	ene. 7
Régulo	jul. 30	ago. 6	ago. 13	ago. 19	ago. 27
	jun. 30	jul. 7	jul. 13	jul. 20	jul. 27
	ene. 8	ene. 15	ene. 22	ene. 29	feb. 5
	ene. 22	ene. 29	feb. 6	feb. 13	feb. 20
Rigel	jun. 5	jun. 10	jun. 15	jun. 20	jun. 25
	abr. 23	abr. 29	mayo 4	mayo 10	mayo 16
	nov. 18	nov. 23	nov. 28	dic. 4	dic. 9
	nov. 6	nov. 11	nov. 17	nov. 23	nov. 29
Sirio	jun. 23	jun. 28	jul. 3	jul. 8	jul. 13
	mayo 19	mayo 24	mayo 29	jun. 3	jun. 8
	dic. 16	dic. 21	dic. 26	dic. 31	ene. 5
	nov. 25	nov. 30	dic. 5	dic. 10	dic. 15
Vega	nov. 24	nov. 28	dic. 2	dic. 6	dic. 10
	dic. 24	dic. 28	dic. 31	ene. 4	ene. 8
	mayo 11	mayo 15	mayo 19	mayo 23	mayo 27
	jul. 9	jul. 13	jul. 16	jul. 20	jul. 24

NOTA: Estas fechas están calculadas con respecto del equinoccio de primavera astronómicamente determinado, cuya ocurrencia fijamos aquí en marzo 21.0. Quienes emplean documentos hispánicos de México anteriores a la reforma gregoriana del calendario (1582) deben tener en cuenta que el verdadero calendario astronómico estaba desfasado en relación con las estaciones por 10 días aproximadamente; así pues, de acuerdo con los calendarios europeos de la época, se habría pensado que el equinoccio vernal caería el 11 de marzo.

vemos que, salvo en la proximidad de los puntos norte y sur del horizonte, el cambio de acimut, $\Delta A = A_0 - A$, debido a la elevación está dado por

$$\Delta A = \frac{h_0}{\tan(90^\circ - L)},$$

de donde suponemos que el ángulo entre la trayectoria ascendente del Sol y el horizonte plano próximo a los puntos este u oeste es aproximadamente igual al complemento de la latitud del observador.²⁸ Aquí h_0 representa la elevación por arriba del horizonte astronómico. En el ocaso el cambio ocurre en dirección opuesta.

Para ser más exactos deberíamos hacer una corrección por el efecto de refracción atmosférica empleando la figura 44 (diagrama del recuadro), que nos dice que para obtener la altura real del Sol naciente, se debe restar alrededor de $1/3^\circ$ a la altura observada del Sol. Así, h_0 es $3^\circ 08'$. Sustituyendo, obtenemos que $\Delta A = 1^\circ 04'$. Por consiguiente, se encuentra que el acimut del Sol real es $A = 104^\circ 05'$. Despejando la ecuación de la nota 4 de este capítulo y sustituyendo tenemos que $\delta = -13^\circ 18'$ para la declinación del Sol en la fecha que va de acuerdo con la declinación. Remitiéndonos al cuadro 11 obtenemos por interpolación un par de fechas, 13 de febrero y 29 de octubre, que concuerdan con la declinación solar.²⁹ Así pues, durante el intervalo de 256 días entre el 28 de octubre y el 14 de febrero, el Sol sale al norte de la entrada del frontis, mientras que entre el 13 de febrero y el 29 de octubre (un intervalo de 109 días) sale al sur. Esto es sorprendentemente cercano a los intervalos de $360/109$ días correspondientes a Copán, de los cuales hablaremos en el capítulo iv. Es más, la entrada del templo puede haber servido como marcador del día de Año Nuevo. De acuerdo con la correlación calendárica azteca, el día de Año Nuevo, 1 Atlcahualo, cayó el 14 de febrero.

Aunque el método esbozado en esta sección sea tan sólo aproximativo, resulta sin embargo exacto en cuanto al día a bajas alturas del horizonte, porque el desplazamiento cotidiano del Sol a lo largo de éste último es considerable, salvo cerca de los solsticios. La simple técnica anterior puede ser más útil, puesto que es posible emplearla en sentido inverso para determinar en qué acimut podemos esperar ver una salida del Sol en una fecha calendárica de supuesta importancia. Al punto se aprecia el valor de cierto conocimiento de la astronomía posicional simple en el estudio del calendario y de la orientación de las construcciones.

²⁸ De la trigonometría esférica es fácil derivar las siguientes formulaciones más exactas, aunque no igualmente obvias, aplicables a no más de unos cuantos grados de elevación:

$$\Delta A = \frac{\tan L}{\cos(A_0 - 90^\circ)},$$

considerada siempre positiva para un objeto *que sale* sobre un horizonte elevado, y

$$\Delta A = \frac{\tan L}{\cos(A_0 - 270^\circ)},$$

considerada siempre negativa para un objeto *que se pone* tras un horizonte elevado.

²⁹ Los valores de la declinación proporcionados en el cuadro 11 son exactos en más o menos un día para cualquier año dado.

APÉNDICE E

Cambio de dirección de la brújula magnética con el paso del tiempo en Mesoamérica

Entre los estudiosos de arqueoastronomía ha existido gran confusión en torno al norte astronómico y al norte indicado por la brújula magnética. Con demasiada frecuencia, para determinar orientaciones astronómicas se usan mapas arqueológicos cuyo norte se ha fijado mediante lecturas de la brújula magnética. Como resultado, los errores pueden ascender a varios grados (véase Aveni, 1975*b*, cuadro 1). Es más, como se ha formulado la hipótesis, aunque nunca se haya demostrado de manera convincente, de que en México algunas orientaciones podrían reflejar un conocimiento del concepto de brújula magnética (Fuson, 1969; Carlson, 1975; Malmström, 1997), en esta sección presentamos una gráfica (figura 49) que muestra cómo cambia la declinación magnética en Mesoamérica a lo largo del tiempo. La fuente de la curva son los datos arqueomagnéticos de Wolfman (1973), quien grafica la posición del pcv o “polo geomagnético virtual” del globo terrestre (gráfica a la que se ha llamado curva de representación de datos polares). Al pcv norte se le define como uno de los polos de un “bipolo geocéntrico que generaría valores de declinación e inclinación medidos en un punto determinado” (p. 142). Wolfman dio datos de campo para construir su curva de datos polares. Por simple geometría esférica sus resultados fueron reducidos³⁰ para producir la dirección relativa al norte astronómico al que señalaría la brújula magnética para observadores *a*) en el centro de la Península de Yucatán (latitud = 19° N, longitud = 89° O) y *b*) en el Altiplano Central mexicano (19.5° latitud N, 99.3° longitud O). La curva que aparece en esta sección es resultado del promedio de estas dos curvas, en las que nunca se encontró en ningún momento una desviación mayor de 2° de declinación. El espesor de la línea que marca la variación magnética es una medida del error promedio derivado del análisis de los datos arqueomagnéticos de Wolfman. Antes de usar cualesquiera resultados magnéticos de manera concluyente, se aconseja al lector familiarizarse con los muchos caprichos del campo geomagnético, entre ellos tanto las variaciones anuales y diurnas como las anomalías geográficas locales. (Una excelente publicación sobre el tema es *The Magnetic Field of the Earth*, publicada por el U. S. Geological Survey [1990].) La existencia de múltiples variaciones magnéticas prolongadas de origen y magnitud indeterminados debería servir de advertencia a los investigadores para no confiar de manera precisa en resultados obtenidos por simple comparación de edificios con las direcciones del campo magnético en el pasado.

³⁰ Estoy en deuda con David Burgoyne por calcular y graficar la curva.

CUADRO 11. Declinaciones solares aproximadas en intervalos
de cinco días durante el año trópico

Fecha	Declinación aparente*	Fecha	Declinación aparente*	Fecha	Declinación aparente*
ene. 0	-23°08'	mayo 5	+16°05'	sept. 2	+8°08'
5	-22 41	10	+17 28	7	+ 6 18
10	-22 03	15	+18 43	12	+ 4 24
15	-21 14	20	+19 51	17	+ 2 29
20	-20 15	25	+20 50	22	+ 0 33
25	-19 06	30	+21 41	27	- 1 24
30	-17 49				
		jun. 4	+22 22	oct. 2	- 3 20
feb. 4	-16 24	9	+22 53	7	- 5 16
9	-14 52	14	+23 14	12	- 7 10
14	-13 13	19	+23 25	17	- 9 02
19	-11 29	24	+23 26	22	-10 50
24	- 9 41	29	+23 16	27	-12 34
mar. 1	- 7 49	jul. 4	+22 56	nov. 1	-14 14
6	- 5 54	9	+22 26	6	-15 48
11	- 3 57	14	+21 46	11	-17 15
16	- 1 59	19	+20 57	16	-18 35
21	0 00	24	+20 00	21	-19 47
26	+ 1 58	29	+18 54	26	-20 50
31	+ 3 55				
		ago. 3	+17 40	dic. 1	-21 43
abr. 5	+ 5 51	8	+16 19	6	-22 25
10	+ 7 43	13	+14 51	11	-22 57
15	+ 9 33	18	+13 18	16	-23 17
20	+11 19	23	+11 39	21	-23 26
25	+13 00	28	+ 9°56'	26	-23 23
30	+14°35'			31	-23°08'

* Para posiciones más exactas, véase *American Ephemeris and Nautical Almanac* (de cualquier año). Las fechas de paso del Sol por el cenit en una latitud determinada (por ejemplo, aquellas mencionadas en el cuadro 3) se encuentran igualando la declinación del Sol con la latitud en cuestión. Así, en Teotihuacan (latitud 19°41' N) el fenómeno ocurre el 19 de mayo y el 25 de julio. Las fechas solares del anticenit se pueden encontrar buscando la declinación de signo opuesto que concuerde con determinada latitud; de ese modo, para Teotihuacan son 23 de enero y 21 de noviembre.

APÉNDICE F

*Algunas fórmulas básicas útiles para el trabajo de campo
en arqueoastronomía*

Quienes deseen mayor exactitud que la alcanzable a partir de las tablas simplificadas que se dan en este capítulo pueden recurrir al siguiente grupo de fórmulas convenientes.

1. Cómo determinar el acimut y la altura reales del Sol en cualquier momento y lugar de la Tierra.

$$HA \text{ (grados)} = (UT - 12^h) \times 15 - \phi - \text{Ec. T.} \times 15 \quad (1)$$

$$h = \text{arco seno} [\text{seno } \lambda \text{ seno } \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos HA] \quad (2)$$

$$A = \text{arco seno} [\text{seno } HA \cos \delta / \cos h] \quad (3)$$

$$A = \text{arco coseno} [(\text{seno } \delta - \text{seno } \lambda \text{ seno } h) \cos \lambda \cos h] \quad (4)$$

donde

UT = Hora Universal (= Hora Estándar Central más 6^h)

Ec.T. = Ecuación de tiempo (en minutos de tiempo, véase cuadro 13)

λ = latitud del sitio

ϕ = longitud del sitio

HA = ángulo horario del Sol

δ = declinación del Sol

h = altura del Sol

A = acimut del Sol

Nota: Obténgase el acimut correcto del Sol con la fórmula del arco seno (4) si el acimut de la fórmula del arco seno (3) es negativa. Si el acimut de (3) es positivo, el acimut correcto del Sol será igual a 360° menos el acimut de (4).

2. Cómo determinar la declinación de cualquier objeto. Tras haber hecho observaciones y obtenido la altura y el acimut de un objeto de acuerdo con la fórmula dada con anterioridad, aplíquese

$$\delta = \text{arco seno} [\text{sen } \lambda \text{ sen } h + \cos \lambda \cos h \cos A].$$

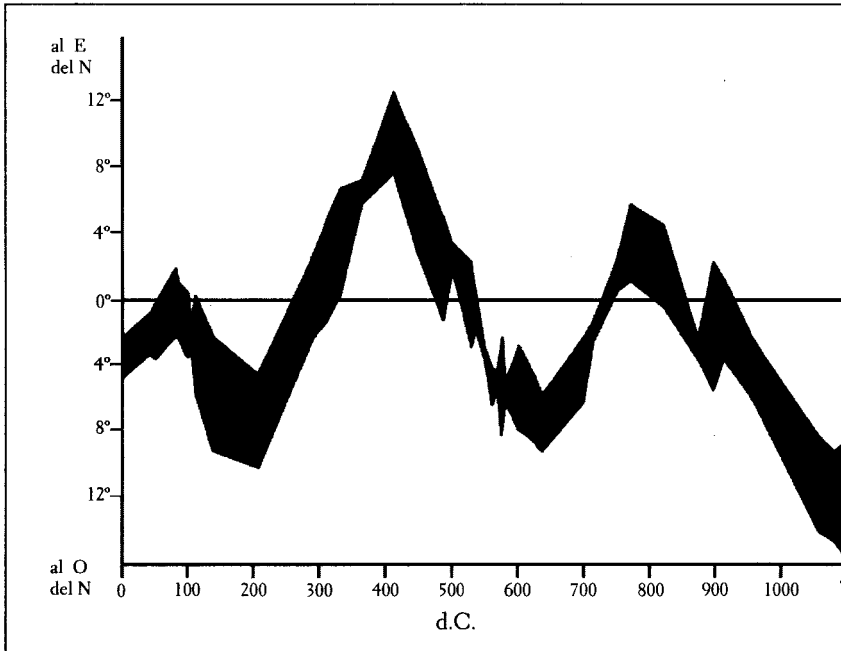


FIGURA 49. La dirección de la brújula magnética con respecto al norte real en Mesoamérica en función del tiempo durante el periodo en que floreció en ella la civilización. (Diagrama de P. Dunham.)

Para latitudes menores a 10° , antes de hacer el cálculo, aplíquenseles las siguientes correcciones (debidas a la refracción).

h (grados)	Δh (grados)
0	-.59
1	-.41
2	-.31
3	-.24
4	-.20
5	-.17
6	-.14
7	-.13
8	-.11
9	-.10
10	-.09

APÉNDICE C

Cómo determinar alineamientos con teodolito

Concluimos los apéndices de este capítulo con una breve descripción del modo de recabar y analizar alineamientos de sitios en el propio campo. Para mayor información sobre el tema véase Aveni, 1981a.)

Además de un buen reloj, el equipo esencial para recabar esa información consiste de un tránsito de topógrafo confiable (teodolito), con escalas de altura y de acimut. El reloj se puede poner con las señales de la hora transmitidas por la estación de onda corta de la Oficina Nacional de Normas, la wwv (que transmite en 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 megahertz), por la estación de radio CHU del Observatorio del Dominio, en Canadá (3.38 y 6.76 megahertz), o por el sitio del Observatorio Naval de los Estados Unidos tycho.usno.navy.mil. Obsérvese el reloj varios días antes y después del proyecto de campo, a modo de que su adelanto o su atraso arroje $\pm$ unos segundos de exactitud. Para simplificar la toma y reducción de datos se pueden usar formas como la que se muestra en el cuadro 12.

Como ejemplo del modo de aplicar un procedimiento de campo, supóngase que deseamos determinar el verdadero alineamiento del muro representado en la figura 50, al que se denomina XX' en el cuadro 12 (en este caso la base del Castillo de Teayo, una pequeña pirámide del Altiplano Central mexicano). En la hoja de datos anotamos el nombre del sitio, su latitud y su longitud (obtenibles en mapas con margen de error de menos de 1' o fácilmente deducibles en el sitio con un GSO de bolsillo), la fecha y la descripción del alineamiento. Déjese en la forma espacio para un croquis que muestre el emplazamiento del tránsito, T, y del Sol, S. Esto es especialmente deseable cuando se quiere recordar la situación original a partir de una fotografía.

El observador coloca y nivela el tránsito en el punto X, cerca del muro y en un lugar donde en su estado original éste todavía quede intacto. Luego, el observador mide, cuando sea posible, la distancia perpendicular entre la base de partes no reconstruidas del muro y el punto en que toque tierra una plomada suspendida del teodolito. Esta distancia se marca con una serie de pequeñas tachuelas en tres o cuatro lugares confiables a lo largo del muro (X_1 , X_2 , X_3 , X_4 en la figura 50). Después se anotan y se promedian las lecturas de acimut en la escala orientada arbitrariamente del teodolito (véanse en el cuadro las entradas para AC del alin., lect. 1, 2, 3, 4 prom.)³¹ Luego se alza el telescopio al nivel del horizonte y se lee y registra la altura (h' = horizonte ALT').

Para obtener información correcta a fin de cambiar acimutes arbitrarios en lecturas

³¹ No hay necesidad de determinar el norte, magnético o de otro tipo, para instalar el teodolito. Este método se refiere a todos los alineamientos con una escala de acimut relativa.

de acimut reales se observa un cuerpo celeste, habitualmente el Sol, que en la figura 50 aparece en forma de disco. Equipado con un filtro solar adecuado, el tránsito se dirige hacia el astro, objeto al que se sitúa precisamente en el centro del campo visual (en todos los tránsitos se necesitan como accesorios juegos de retículas horizontales y verticales). Alternativamente, sobre una tarjeta blanca mantenida cerca del ocular del tránsito se pueden reflejar el disco del Sol y una retícula. Cuando el observador grite “marca”, se lee la hora (hora del reloj en el cuadro 12)³² y se registran las lecturas del acimut y de la altura del Sol (lect. AC del Sol lect. ALT del sol, h en la figura). Si el disco solar se puede centrar manualmente en el tránsito con margen de $\frac{1}{2}$ minuto de arco ($\frac{1}{60}$ de su propio diámetro) y en la hora se permite un error de 2 segundos, el método será exacto hasta un minuto de arco. Esto es ya más preciso que la desviación a partir de una línea recta de cualquier muro que se pueda encontrar. Estése siempre atento a que sólo se necesita reconstruir el acimut del alineamiento dentro de la exactitud con la que un observador antiguo a simple vista pudo haberlo observado, pero recuérdese también que cuanto más larga sea la línea de base mayor será la precisión angular (véase cuadro N1 de la nota 7).

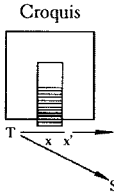
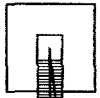
Con esto terminan las observaciones. Antes de pasar a los cálculos sólo es necesario registrar dos cosas más. En los espacios apropiados del cuadro 12 anotamos la declinación del Sol (DEC del Sol tomada del cuadro 11) y la *ecuación de tiempo* (Ec.T., véase cuadro 13) para la fecha y la hora de la observación.³³

Luego nos valemos de las fórmulas del apéndice F para convertir las lecturas solares arbitrarias al acimut y a la altura reales (cálc. del AC del Sol y cálc de la ALT del Sol). También calculamos el acimut real del alineamiento (cálc. del AC del alin.). En este ejemplo, nótese que la lect. ALT del Sol y el cálc. de ALT del Sol sólo difieren por 3' de arco. Este hecho sirve de verificación parcial del resultado del alineamiento; esto es, nos hemos valido de la lectura del acimut del Sol para predecir la altura correcta del astro, que ya habíamos observado con el tránsito. La diferencia entre la lectura del AC del Sol y la lectura del AC del alineamiento nos da $45^{\circ}34'$, que aparece como ΔA en la figura 50. Si esto se resta del cálculo del AC del Sol se obtiene el acimut real del muro.

³² Para facilitar los cálculos, el reloj se calibra en Tiempo Universal. En la muestra de la hoja de datos damos la corrección horaria que, determinada según la señal radiada, fue entonces de 39 segundos. Por consiguiente, el TU correcto está registrado como 21:12:06 GMT.

³³ La declinación del Sol se puede obtener por interpolación a partir del cuadro 11. Cuando se necesite mayor precisión se puede consultar las efemérides. La ecuación de tiempo (Ec. T.) se tabula en el cuadro 13. Es posible obtener una Ec. T. más exacta que se determina como la diferencia de “tránsito de efemérides” menos el mediodía solar ($12^h 00^m 00^s$), en la última columna de la tabla titulada “Sol para tiempo de efemérides de cero horas”, de las primeras páginas de *American Ephemeris and Nautical Almanac* del año de las observaciones. Esta última corrección cambia la posición promedio del Sol, por la cual llevamos el tiempo de nuestro reloj a su posición aparente en el cielo. De no ser por la falta de uniformidad del movimiento solar aunada a nuestro deseo de llevar un tiempo uniforme, esta corrección no existiría.

CUADRO 12. *Forma de datos típica para observaciones con teodolito*

Sitio	Castillo de Teayo	
Alineamiento	Base de la pirámide que mira al sur	
Fecha	11 de enero de 1979	Notas explicativas AC predicho de la puesta del Sol en los equinoccios: 269°21' (Último destello)
Latitud del sitio	20°35' N	
Longitud del sitio	97°39' O	Horizonte + 1° 45' 
AC de alin., lect. 1	294°15'	
AC de alin., lect. 2	294°25'	268°04' Pico a 5 km al oeste
AC de alin., lect. 3	294°20'	
AC de alin., lect. 4	294°20'	
AC de alin., lect. prom.	294°20'	
ALT del horizonte (h')	+1°45'	
Hora del reloj	21:11:27	
Corrección de la hora	+00:00:39	
GMT real	21:12:06	
Lect. AC del Sol	339°54'	
Lect. ALT del Sol (h)	33°19'	
DEC del Sol	-21°47'	
Cálc. AC del Sol	223°40'	
Cálc. ALT del Sol	33°16'	
Ec. T	+00:07:45	
Cálc. Ac del alin.	178°04'	
Magnético	10° E del N	
Operadores del teodolito	PD, JS, AA	

Como resultado vemos que el muro de la construcción (AC = 178°04') casi se alinea con el sur real, lo cual implica que la fachada esté de cara al occidente verdadero. En la sección de notas explicativas sobre la forma de datos indicamos que la dirección de la fachada queda dentro de un margen de 1½° del punto en que el Sol se pone en los equinoccios. En este ejemplo en particular, tomado de una libreta de trabajo de campo de enero de 1979, cuando los observadores ajustaban la escala horizontal del tránsito para leer el acimut real, apuntaban el instrumento hacia el norte verdadero, entonces soltaban el volante de la brújula magnética instalada en el tránsito y encontraban así que la desviación del norte magnético con respecto al norte real era de 10°. Esta información fue útil cuando quisieron convertir a su sistema de acimut real las lecturas de brújula magnética hechas y registradas en el Castillo de Teayo por investigadores que los precedieron.

CUADRO 13. Valores aproximados de la ecuación de tiempo a intervalos de cinco días del año trópico

Fecha			Fecha			Fecha		
Mes	Día	Ec. T.	Mes	Día	Ec. T.	Mes	Día	Ec. T.
ene.	0	+ 2. ^m 7	mayo	5	- 3.3	sept.	2	- 0.4
	5	+ 5.1		10	- 3.4		7	- 2.1
	10	+ 7.3		15	- 3.7		12	- 3.8
	15	+ 9.2		20	- 3.5		17	- 5.6
	20	+ 10.9		25	- 3.1		22	- 7.3
	25	+ 12.2		30	- 2.5		27	- 9.1
	30	+ 13.3						
feb.			jun.	4	- 1.7	oct.	2	- 10.8
	4	+ 13.9		9	- 0.8		7	- 12.2
	9	+ 14.3		14	+ 0.2		12	- 13.6
	14	+ 14.3		19	+ 1.3		17	- 14.7
	19	+ 13.9		24	+ 2.3		22	- 15.6
	24	+ 13.3		29	+ 3.4		27	- 16.1
mar.	1	+ 12.3	jul.	4	+ 4.3	nov.	1	- 16.4
	6	+ 11.3		9	+ 5.2		6	- 16.3
	11	+ 10.0		14	+ 5.8		11	- 15.9
	16	+ 8.6		19	+ 6.2		16	- 15.2
	21	+ 7.1		24	+ 6.4		21	- 14.1
	26	+ 5.6		29	+ 6.4		26	- 12.6
	31	+ 4.1						
abr.			ago.	3	+ 6.1	dic.	1	- 10.9
	5	+ 2.8		8	+ 5.6		6	- 8.8
	10	+ 1.3		13	+ 4.8		11	- 6.7
	15	- 0.0		18	+ 3.7		16	- 4.3
	20	- 1.2		23	+ 2.5		21	- 1.7
	25	- 2.1		28	+ 1.1		26	+ 0.7
	30	- 2.8					31	+ 3.1

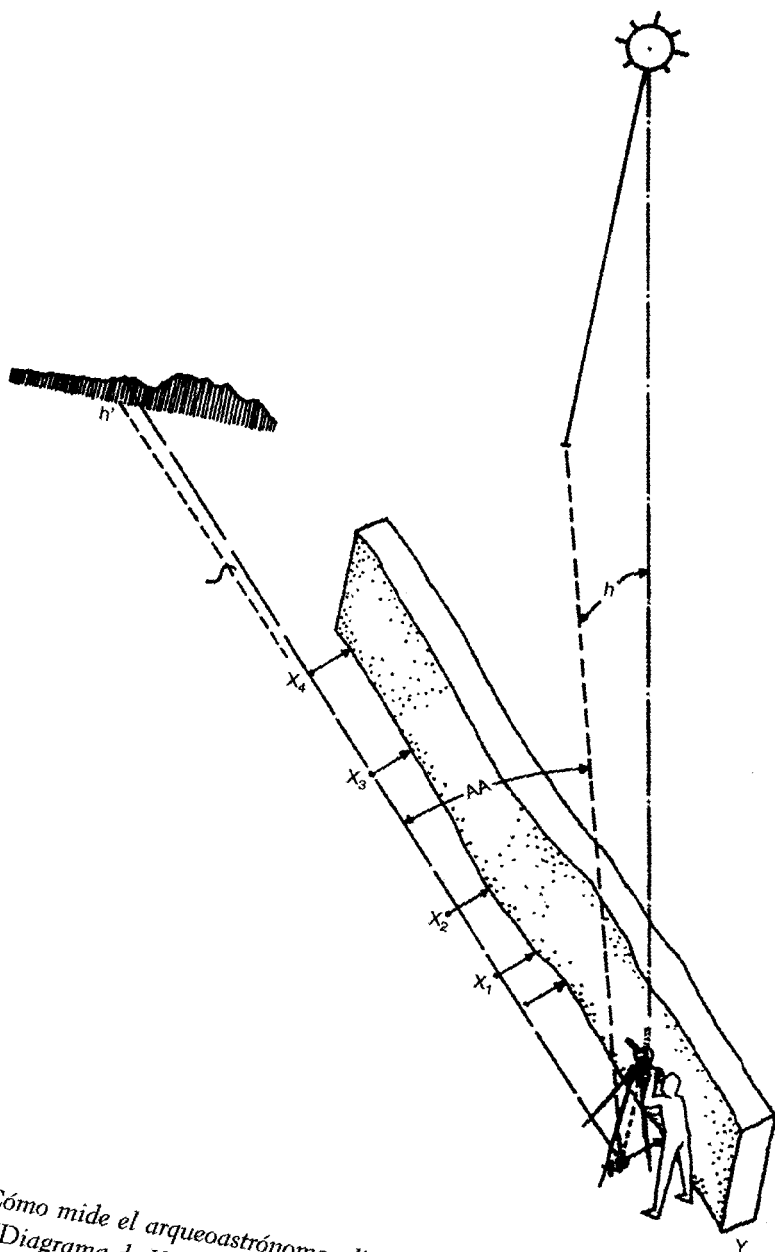


FIGURA 50. Cómo mide el arqueoastrónomo alineamientos en el campo valiéndose de un teodolito. (Diagrama de H. Hartung.)

LECTURAS SELECTAS ADICIONALES,
AUXILIARES ELECTRÓNICOS Y MAPAS DE ESTRELLAS

Diversas explicaciones sobre el método y la teoría arqueoastrónomicos, incluso técnicas de campo empleadas en mediciones y cálculos astronómicos a simple vista con aplicaciones especiales en la astroarqueología aparecen en:

- Anderson, S., y E. Fletcher (1968), "The inverse Stonehenge problem", *Current Anthropology*, 9: 316-318.
- Aveni, A. F. (1972), "Astronomical tables intended for use in astroarchaeological studies", *American Antiquity*, 37 (4): 531-540.
- (1981), "Archaeoastronomy", *Advances in archaeological method and theory*, 4:1-77.
- (1981), "Tropical Archaeoastronomy", *Science*, 213: 161-171.
- Bricker, H. (1996), "Nightly variation in the characteristics of Venus near times of greater elongation", en M. Macri, y J. McHargue (comps.) (1993), *Eighth Palenque round table*, Precolumbian Art Research Institute, San Francisco, pp. 369-377.
- Dearborn, D. (1985), *Survey in comfort: A tool for archaeoastronomical studies*, Western Research Company, Tucson.
- Dogget, L., y B. Schaefer (1994), "Lunar crescent visibility", *Icarus*, 107: 388-403.
- Evans, J. (1998), *The history and practice of ancient astronomy*, Oxford University Press, Oxford. Por concentrarse en el punto de vista occidental, éste es un libro sumamente útil sobre cómo realizar cálculos básicos de astronomía posicional a la manera en que fueron hechos por los astrónomos del mundo clásico.
- Hawkins, G. S. (1996), *Astro-archaeology*, Research in Space Science, Special Report 226, Smithsonian Institution Astrophysical Observatory, Cambridge, Mass.
- (1975), "Astroarchaeology: The unwritten evidence", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in Precolumbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 131-162.
- Kaler, J. (1996), *The ever changing sky: A guide to the celestial sphere*, Cambridge University Press, Nueva York.
- Littmann, M., K. Wilcox, y F. Espenak (1999), *Totality: Eclipses of the sun*, 2ª ed., Oxford University Press, Oxford.
- Nassau, J. J. (1948), *Practical astronomy*, McGraw-Hill, Nueva York. Un estudio completo sobre sistemas astronómicos coordinados, incluso una excelente serie de ejercicios.
- Newton, R. (1974), "Introduction to some basic astronomical concepts", en *Symposium*

- sium on the place of astronomy in the ancient world. Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 274A: 5-20.
- Purrrington, R. (1988), "Heliacal rising and setting: Quantitative aspects", *Archaeoastronomy*, núm 12 (Suplemento de *Journal for the History of Astronomy* 19): S572-S585.
- Observer's Handbook*, Toronto, Royal Astronomical Society of Canada (Anual).
- Ruggles, C. L. N. (1999), *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven, Conn. Las siguientes secciones de este texto son pertinentes para la arqueoastronomía en general: sobre probabilidad y estadísticas en estudios de alineamientos, pp. 39, 42-43, 50-51, 160-161; sobre técnicas de campo, pp. 164-171; sobre astronomía posicional, pp. 22-25, 36-37, 60-61, 150.
- Schaefer, B. (1985), "Predicting heliacal risings and settings", *Sky and Telescope*, 70 (3): 261-263.
- (1987), "Extinction angles and megaliths", *Sky and Telescope*, 73 (4): 426-427.
- (1987), "Heliacal rise phenomena", *Archaeoastronomy*, núm 11 (Suplemento del *Journal for the History of Astronomy*, 18): S19-S34.
- (1989), "Refraction by earth's atmosphere", *Sky and Telescope*, 77 (3): 311-313.
- (1992), "The length of the lunar month", *Archaeoastronomy*, núm. 17 (Suplemento de *Journal for the History of Astronomy* 23): S32-S42.
- (1993), "Astronomy and the limits of vision", *Vistas in Astronomy*, 36: 311-361.
- Thom, A. S. 1967. *Megalithic sites in Britain*, Clarendon Press, Oxford.
- (1971), *Megalithic lunar observatories*, Clarendon Press, Oxford.
- Winkler, L. (1972), "Astronomically determined dates and alignments", *American Journal of Physics*, 40: 126-132.

Las siguientes referencias dan información básica para el cálculo de las posiciones de cuerpos celestes:

- Bretagnon, P., y J.- L. Simon (1986), *Planetary programs and tables from -4000 to +2800*, Willmann-Bell, Richmond.
- Duffet-Smith, P. (1981), *Practical Astronomy with your calculator*. 2ª ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones, A. (1978), *Mathematical astronomy with a pocket calculator*. Wiley. Nueva York.
- Meeus, J. (1982), *Astronomical formulae for calculators*, Willmann-Bell. Richmond.
- (1997), *Mathematical astronomy morsels*, Willmann-Bell. Richmond.
- Montenbruck, O. (1989), *Practical ephemeris calculations*, Springer-Verlag. Nueva York.

Montenbruck, O., y T. Pfleger (1991), *Astronomy on the personal computer*, Springer-Verlag, Nueva York.

Entre las fuentes útiles que dan tablas de posiciones celestes se encuentran:

Goldstine, H. (1973), *New and full moons, 1001 B. C. to A. D. 1651*, American Philosophical Society Memoirs 94, Filadelfia.

Liu, B., y A. Fiala (1992), *Canon of lunar eclipses, 1500 B. C.-3000 A. D.* Willmann-Bell, Richmond.

Meeus, J. (1957), "The transits of Venus", *Journal of the British Astronomical Association*, 68: 98-108.

——— (1982), *Astronomical formulae for calculators*, Willmann-Bell, Richmond.

Meeus, J., C. Grosjean, y W. Vanderleen (1966), *Canon of solar eclipses*, Pergamon, Oxford.

Meeus, J., y H. Mucke (1979), *Canon of lunar eclipses, -2002 to +2526*, Astronomisches Büro, Viena.

Oppolzer, T. von [1887] (1962), *Canon der Finsternisse*, Dover, Nueva York.

Schöve, D., y A. Fletcher (1987), *Chronology of eclipses and comets, A. D. 1-1000*, Boydell, Suffolk.

Stahlman, W., y O. Gingerich (1963), *Solar and planetary longitudes for years -2500 to +2000 by ten-day intervals*, University of Wisconsin Press, Madison.

Tuckerman, B. (1962), *Planetary, lunar and solar positions, 601 B. C. to A. D. 1, at five-day and ten-day intervals*. American Philosophical Society Memoirs 56, Filadelfia.

——— (1964), *Planetary, lunar, and solar positions, A. D. 2 to A. D. 1649, at five-day and ten-day intervals*, American Philosophical Society Memoirs 59, Filadelfia.

Algunos programas de simulación del cielo:

Voyager III, The Interactive Desktop Computer (1998), Carina Software, San Leandro, Calif.

The Sky. Astronomy Software for Windows, versión 2.0. Disponible en Astronomical Society of the Pacific, 390 Ashton Ave, San Francisco, Calif. 94112.

EZ Cosmos, versión 3.0. Future Trends Software, 1601 Osprey Dr., Duite 102, Desoto, TX 75115.

Planets and Moon & Sun. Charles Kluepfel, 11 George St., Bloomfield, N. J. 07003.

Starry Night 2, para MacIntosh(siennasoft.com).

Heliacal Rise/Sets (skypub.com/software/software.html) = HELIAC.BAS en sitios para publicaciones sobre el cielo enumerados líneas abajo.

Entre los programas gratuitos compartidos de Library Info-Mac se incluyen:

Distant Suns

Mac Astro

Harpstars

Sky Chart

Starry Night

Micro Projects

Sitios de internet:

arcturus.pomona.edu/ (Ancient Astronomy home page)

home.earthlink.net/~shadowfax/sfstone.htm (Stonehenge Archaeoastronomy)

indy4.fdl.cc.nm.us/~isk/stars/starkno7.html#top (Stone Wheels and Dawn Stars Rising)

astro.uni-bonn.de/~pbrosche/hist_astr/ha_items_archaeo.html (History of Astronomy: Archaeoastronomy, Ancient Astronomy and Ethnoastronomy; ofrece una excelente serie de relaciones en una amplia variedad de temas de astronomía)

astro.uva.nl/michieltb/maya/ (página de Maya Astronomy)

tv.shineline.it/archeo/archeoe.htm (Archaeo Astronomy)

indigo.stile.le.ac.uk/nrug/STILE (imágenes de sitios arqueoastronómicos)

skypub.com/resources/software/basic/programs/extinc.bas o [/occvis.bas](http://skypub.com/resources/software/basic/programs/occvis.bas) o [/heliac.bas](http://skypub.com/resources/software/basic/programs/heliac.bas) o [/refrl.bas](http://skypub.com/resources/software/basic/programs/refrl.bas) (cálculos de visibilidad celeste)

tycho.usno.navy.mil (servicio horario por línea de U.S. Naval Observatory)

wam.umd.edu/~tlaloc/archastro (Centro para Arqueoastronomía)

Los mapas estelares son indispensables para entender la observación del cielo en cualquier cultura. En cualquier tienda fotográfica o científica se pueden conseguir buenos mapas estelares, en su mayor parte modelados como volantes ajustables. Entre los menos costosos y fáciles de usar están:

The Night Sky (ediciones para los hemisferios norte y sur), O 1992 David Chandler, Springville, Calif.

Precession of the Equinoxes Historical Planisphere, Milton D. Heifetz, Learning Technologies, Somerville, Mass. (Mapa de estrellas en precesión que incorpora su adaptación a cualquier época pasada o futura.)

Si bien la mayor parte de los mapas se adapta a latitudes semiseptentrionales, se pueden usar en los trópicos situados al norte del ecuador. La revista *Sky and Telescope* imprime mensualmente cartas de estrellas para los hemisferios norte y sur (49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138).

IV. EL CONTENIDO MATEMÁTICO Y ASTRONÓMICO DE LAS INSCRIPCIONES MESOAMERICANAS

Esperar que una persona de la cultura occidental del siglo xx se compenetre satisfactoriamente del aura mística y emocional de la filosofía maya del tiempo es acaso tan irracional como esperar que de la pluma de un acérrimo ateo de nuestra época surja un estudio equilibrado, ecuánime y comprensivo del éxtasis de san Francisco de Asís.

Nuestros conceptos están sobremanera alejados de los que tenían los mayas y, además de tan grande desventaja, hay muchísimos aspectos que conocemos deficientemente o que ignoramos del todo. El ateo que estudia a san Francisco hoy en día cuenta con fuentes incomparablemente más ricas de las que nosotros jamás podremos aspirar a tener.

SIR ERIC THOMPSON (*Prólogo* a LEÓN-PORTILLA, 1968)

BREVE HISTORIA DEL DESCIFRAMIENTO CALENDÁRICO

Los antiguos mayas se encuentran sobre la faz de la Tierra entre las pocas culturas a las que nos atrevemos a llamar “clásicas”. La invitación a compararlos con las culturas de Grecia, Roma y el Medio Oriente, que en nuestro espíritu surgen como paradigmas de alta civilización, deriva en parte del hecho de que los mayas adquirieron brillantes capacidades en arquitectura (asunto del capítulo v) y que sabían leer y escribir; esto es, que desarrollaron un lenguaje visible que consistía en símbolos y en una elaborada gramática (¡podían escribir libros!). Si a estos logros se agrega la desmesurada atención que dedicaban al cielo y a su complejo uso de las matemáticas para describir los desplazamientos celestes, asimismo inclinación del Mundo Clásico y del antiguo Medio Oriente, uno tiene amplia razón para este capítulo, dedicado a abordar precisamente el modo en que los mayas y las culturas afines de Mesoamérica expresaban y empleaban su conocimiento cuantitativo del cielo.

¿Quiénes fueron aquellos astrónomos amanuenses que escribían de esoterismo cósmico en libros plegados como biombos? A semejanza de sus contrapartes del Medio

Oriente y de la Europa medieval y renacentista, es probable que hayan sido miembros de la corte real.¹ Sus tareas consistían en establecer el calendario, estandarizar el cómputo del tiempo (función necesaria en toda civilización con categoría de Estado) y, como el cronologista maya actual encargado de la cuenta de los días, hacer augurios y pronósticos para aquellos a los que servían. El obispo Landa escribe:

Que los de Yucatán fueron tan curiosos en las cosas de la religión como en las del gobierno y que tenían un gran sacerdote que llamaron Ah Kin (guardián de los días) May [...] que era muy reverenciado de los señores [...] y que a éste le sucedían en la dignidad sus hijos o parientes más cercanos, y que en esto estaba la llave de sus ciencias [...] y que éstos proveían de sacerdotes a los pueblos cuando faltaban, examinándolos en sus ciencias [...] (además) atendían el servicio de los templos y a enseñar sus ciencias y escribir libros de ellas.

Que las ciencias que enseñaban eran la cuenta de los años, meses y días, las fiestas y ceremonias, la administración de sus sacramentos, los días y tiempos fatales, sus maneras de adivinar... [1941, pp. 14-15].

Para ver en perspectiva nuestra excursión al mundo mesoamericano del tiempo y del número, tal vez valdría la pena seguir el sinuoso camino recorrido por los investigadores para llegar al estado actual de su arte.² Ejerciendo como sacerdote católico a mediados del siglo XIX, entre los mayas quichés de Guatemala, el abad francés Brasseur de Bourbourg hizo lo posible por llamar la atención del mundo hacia los antiguos manuscritos nativos americanos, entre ellos la *Relación de las cosas de Yucatán* del obispo Landa, obra escrita poco después de la Conquista, en 1566. La identificación por parte de Landa de algunos símbolos mayas con los sonidos que producían ciertas letras de nuestro propio alfabeto confundió mucho tiempo a los epigrafistas respecto de la verdadera naturaleza de la escritura maya, pero su descripción de los signos de los días y los meses echó las bases para la oleada de estudios calendáricos por venir. Brasseur tradujo y publicó varias gramáticas, historias y el *Códice de Madrid*, un libro de imágenes mayas descubierto por él. Entretanto, lord Kingsborough, viajero británico, publicó *Antiquities of Mexico* (1831), enorme colección que consistía principalmente en libros de imágenes sobre el país. (Tan monumental y costosa fue la obra emprendida, que Kingsborough murió encarcelado por deudas antes de poder terminar la primera edición.) En 1889, con la adopción de la fotografía a las técnicas de campo, el inglés Alfred P. Maudslay, arqueólogo por afición, logró la primera serie de excelentes fotografías de las estelas mayas esculpidas en Copán y publicadas posteriormente en su

¹ Recientemente fue excavada la sepultura de un escriba repleta de tinteros de su propiedad cerca de una tumba real construida en uno de los templos de Copán.

² Para una exposición completa de esta interesante historia, véase Coe, 1992.

Archaeology (Biologia Centrali-Americana), obra apenas rebasada en la actualidad por el *Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions* (1975-) de Ian Graham.

Hacia fines del siglo XIX, el puñado de especialistas volcado sobre los documentos empezó a generar los primeros análisis de aquella misteriosa caligrafía maya. Ernst Förstemann, bibliotecario retirado, demostró el adelanto de los mayas en astronomía descifrando las tablas de Venus y las tablas lunares del *Códice de Dresde* e identificando muchos de los símbolos de los días, los meses y los números. El historiador Daniel Brinton publicó *A Primer of Mayan Hieroglyphics*, 1895, y el arqueólogo Sylvanus G. Morley fue autor de *An Introduction to the Study of Maya Hieroglyphs* (1915). Junto con "The Archaic Maya Inscriptions", de J. T. Goodman (1897), libro en que se reconocían los numerales de variante de cabeza (números que toman la forma de la cabeza de diferentes dioses), estas obras abastecieron de grano el molino de futuros investigadores, mientras añadían un testimonio más de que las civilizaciones de la América antigua se habían elevado a grandes alturas en los campos de la astronomía, el calendario y las matemáticas. Entre otros nombres notables de aquella época de principios del siglo XX se incluyen, por una parte, el del alemán Eduard Seler, quien integró muchas ideas cosmológicas de los mexicanos del Altiplano y de los mayas, y, por la otra, el de C. P. Bowditch, del Museo Peabody de la Universidad de Harvard, quien creó una notable biblioteca para esa institución y contribuyó a ella con su *Numeration. Calendar Systems and Astronomical Knowledge of the Mayas* (1910).

En 1930, John Teeple, ingeniero químico que se empapaba de jeroglíficos mayas cuando viajaba en tren a reuniones profesionales, abrió nuevos horizontes con la publicación de *Maya Astronomy*. Teeple logró identificar muchos glifos de la serie suplementaria o lunar y contribuyó considerablemente a nuestra comprensión de la gramática maya abriendo el camino al establecimiento de los glifos de prefijo y sufijo. A él debemos el descubrimiento del esquema mediante el cual los mayas ajustaban la diferencia entre los años trópico y el Haab (1930). *Reduction of Maya Dates* (1924) del historiador del arte Herbert Spinden agregó nuevas ideas en los cálculos astronómicos mayas.

En 1950,³ sir Eric Thompson publicó su libro culminante, *Maya Hieroglyphic Writing*, seguido de su *Comentario al Códice de Dresde* (1972b), un viaje, página tras página, por los muchos almanaques contenidos en el documento maya.⁴ La proliferación

³ Posteriormente, el *Catalog of Maya Hieroglyphs* (1962) de sir Eric Thompson, junto con *Die Hieroglyphen der Maya Handschriften* (1956), de Gunter Zimmermann, dieron a los investigadores la lista y la descripción más completas en las tres últimas décadas de las formas mayas escritas. Hoy, estos textos han sido desplazados por Kurbyhn, 1989. Asimismo, *Maya Hieroglyphic Writing* de Thompson es un tesoro de información calendárica. A fin de cuentas, Thompson tal vez se haya equivocado acerca de la naturaleza de la escritura maya, pero tenía razón por lo que toca al modo en que funcionaba el calendario.

⁴ Entre los comentarios más recientes al código se cuentan tanto Davoust, 1997, como Grube y Schele, 1997. Entre los comentarios a otros códigos se incluyen Bricker y Vail, 1997; Villacorta y Villacorta, 1977, que está un tanto rebasado; y Love, 1994.

de esos estudios en el tiempo y en número había empezado a dar la impresión de que los mayas solamente se habían interesado en las búsquedas astronómicas, alabando a sus dioses con los números y los glifos: en suma, una raza de mentalidad filosófica inmersa en cuestiones etéreas. Como escribiera Thompson (1954, p. 162): “Por lo que concierne a esta visión general de la vida, los grandes hombres de Atenas no se habrían sentido incómodos en una reunión de sacerdotes y gobernantes mayas”.

Este clásico estereotipo habría de cambiar drásticamente. Aquel inmenso cambio empezó con la demostración de Yuri Knorosov (1958) de que la escritura maya era básicamente fonética. Siguiendo los pasos de Heinrich Berlin (1958), quien en su estudio de los glifos emblema estuvo entre los primeros en examinar de nuevo la escritura maya desde un punto de vista no astronómico, Tatiana Proskouriakoff (1960) analizó fechas contenidas en estelas de las ruinas de Piedras Negras. Esta investigadora concluyó que muchas de las inscripciones que los epigrafistas leían como estrictamente astronómicas y calendáricas en realidad contenían nombres y glifos de acción. La identificación de glifos que representaban nombres de lugares y gobernantes fue resultado lógico de aquel cambio de atención hacia la “hipótesis histórica” y señaló un abandono de la escuela de intérpretes astronómicos de los glifos. En la actualidad, utilizando como auxiliares las lenguas que hablan los mayas contemporáneos, los lingüistas desempeñan un papel importante en el desciframiento de la escritura maya.

Una década después del estudio de Proskouriakoff, un intenso trabajo sobre las inscripciones de Palenque llevó al reconocimiento de una secuencia dinástica en ese sitio. Varios investigadores, entre los que se contaban el lingüista Floyd Lounsbury, el arqueólogo David Kelley y su pupilo Peter Mathews, además de la artista y luego historiadora del arte Linda Schele, se formaron en disciplinas distintas de las suyas y aprovecharon la oportunidad de fundir varios enfoques: astronómicos, históricos y lingüísticos. Esta actitud interdisciplinaria persistió en la siguiente generación de especialistas, en la que se incluyen Nikolai Grube y Simon Martin. Su enfoque ha conducido a diversos descubrimientos notables en Palenque, Copán y demás sitios, tanto como a un entendimiento más claro de la naturaleza de los almanaques contenidos en los códices (como muestra de estas revelaciones véanse en la bibliografía las diversas actas de las Mesas Redondas de Palenque). Bien podríamos haber esperado esta unión de la historia dinástica y la astronomía, pues nuestra comprensión de la historia de los mayas nos ha enseñado que, en su espíritu, el terreno de las cosas humanas nunca se apartó mucho del terreno del acontecer cósmico.

LA FILOSOFÍA MESOAMERICANA DE LOS NÚMEROS

En el mundo antiguo la cronología fue uno de los motivos básicos de la práctica astronómica; lo cual es particularmente cierto en Mesoamérica, donde el deseo de crear un calendario ornamentado se convirtió en obsesión tal vez sin paralelo en la historia de las hazañas intelectuales del hombre.

Para los mayas una sola palabra, *kin*, significaba tiempo, día y Sol. Su significado y su forma glífica (figura 67a) sugieren que el arte de medir el tiempo se vinculaba íntimamente con la práctica de la astronomía. En la figura 67a las direcciones de los pétalos del diseño floral ilustrado en el segundo y tercer dibujos del glifo de *kin* probablemente correspondan a las posiciones extremas del Sol a lo largo del horizonte. Las diversas formas del glifo de *kin*, los diagramas de las direcciones del mundo contenidos en los códices y los petroglifos de círculos divididos en cuadrantes, que analizaremos en el capítulo v, muestran sin excepción el sistema de tiempo vinculado al espacio de que se valían los antiguos mesoamericanos.

Una rápida ojeada a los calendarios expuestos en la figura 60 demuestra claramente la unión de espacio y tiempo que trataba de captar el espíritu mesoamericano. Por lo demás, la universalidad de los calendarios es obvia. La división de cada uno de esos cosmogramas en cuatro partes, con el mundo al centro, subraya la importancia de los cuatro cuadrantes del mundo. Nótese la similitud entre el calendario de la figura 60a y los signos de *kin* en la figura 67a. En la franja interna encontramos una división del tiempo que sugiere que los años marchan en torno a los cuatro cuadrantes, cada uno de los cuales posee su propia dirección. Cada dirección del mundo lleva asociado un dios (su *bacab* o portador del cielo) y un color, concepto difundido por toda Mesoamérica. Los mayas llamaban al este *likin*, la dirección “en que sale el Sol”, y lo representaban mediante el color rojo del Sol naciente. El oeste (negro por el ocaso) era *chikin*, que significaba “donde el Sol se pone”. (El empleo de *kin* como segunda sílaba significaba la naturaleza suprema del eje orto-ocaso.) El norte o *xaman* (“a la derecha del Sol”) tenía como símbolo al blanco, mientras que el sur o *nohol* (“a la izquierda del Sol”) era amarillo.⁵ Estudios más recientes de los glifos direccionales contenidos en los códices (V. Bricker, 1983) revelan que el norte y el sur se pueden leer fonéticamente como el cenit y el nadir, lo cual parece sugerir que el simbolismo direccional maya puede tener menos relación con el horizonte que con la altura del Sol. A medida que

⁵ Esa notación parecería subrayar la importancia del horizonte occidental, pues sólo un observador vuelto hacia el oeste diría que el norte está a la derecha del Sol y el sur a la izquierda. Por otra parte, más preocupados por el cumplimiento de los ciclos, los mesoamericanos tal vez observaban la desaparición de objetos en el oeste.

el Sol se desplaza por el cielo alcanza su altura máxima al pasar por el cenit, que en el territorio maya está cerca del solsticio de verano; al descender al inframundo, tiene su punto más bajo en el cielo alrededor del solsticio de invierno. En los jeroglíficos mayas de la figura 56 se representan otros signos cuatrimpartitos, particularmente el signo de Lamat. Aquella costumbre de dividir al mundo en cuadrantes y asignar un color a cada uno de sus cuatro lados también es común entre los indios norteamericanos (véanse, por ejemplo, Wedel, 1977; Young, 1989).

Cuando vemos una inscripción maya casi siempre nos hallamos ante alguna información en torno a la posición temporal de los acaecimientos. Los mayas registraban complejas fechas tanto en planchas de piedra erguidas (estelas) como en forma de manuscritos. Muchas de las inscripciones clásicas son magníficas obras de arte. Con frecuencia los arquitectos antiguos disponían las estelas labradas en el sitio más prominente del paisaje de un centro ceremonial.

Podemos estar ciertos de que el movimiento de la gran máquina maya del tiempo se vinculaba estrechamente a la repetición cíclica de acaecimientos celestes y que su elaboración calendario derivaba de observaciones meticulosas del cielo. Pese a los obstáculos examinados en los capítulos I a III y resumidos en el epígrafe de este capítulo, en las páginas subsiguientes tratamos de entender su metodología teórica y vincularla a su astronomía de observaciones a simple vista.

Empezamos de manera bastante modesta familiarizándonos con la mecánica de las matemáticas y del calendario de la antigua Mesoamérica. (Pondremos menos atención a la intervención de los segmentos no astronómicos del *corpus* de material jeroglífico, que se abordan admirablemente en otras partes.)⁶ En puntos específicos nuestra exposición vincula la derivación de los conceptos calendáricos con el examen de la astronomía a simple vista del capítulo III y con el material sobre arquitectura y orientación astronómica de las construcciones que vendrán en el capítulo V. La exposición empieza con una descripción del sistema numérico y calendárico básico de los mayas.

Este capítulo examina sobre todo material maya, pues en él descubrimos el grado más alto de adelanto en el campo de la astronomía en América. Los lectores interesados deberán consultar la bibliografía presentada al final del capítulo si desean lecciones más avanzadas sobre el desciframiento calendárico, ¡pero prepárense para la prueba!

Alrededor de medio milenio antes del principio de la era cristiana se desarrolló un sistema de numeración en el sur de Mesoamérica. Surgido probablemente en 600 a.C. en la región de Monte Albán, Oaxaca (Marcus, 1976), pero no sin antecedentes olmecas de la Costa del Golfo (Coe, 1976; Justeson, 1993), estaba destinado a ser más refinado que el sistema usado por aquel entonces en cualquier otra parte del mundo. Para

⁶ Véase, por ejemplo, Schele y Freidel, 1990.

presentar números del orden de los cientos de millones se usaron únicamente combinaciones de tres símbolos: un punto equivalía a uno y una barra horizontal a cinco, en tanto que una diversidad de símbolos representaban el cero. Es probable que cada uno de estos símbolos derivara de los movimientos de la mano (Neuenschwander, 1978) (véase figura 51).

A diferencia de su equivalente occidental, el cero maya representaba completamiento y no vacío. En el aspecto temporal, se le consideraba el momento de completar un ciclo, así como en el odómetro de un automóvil nosotros consideramos el cambio de

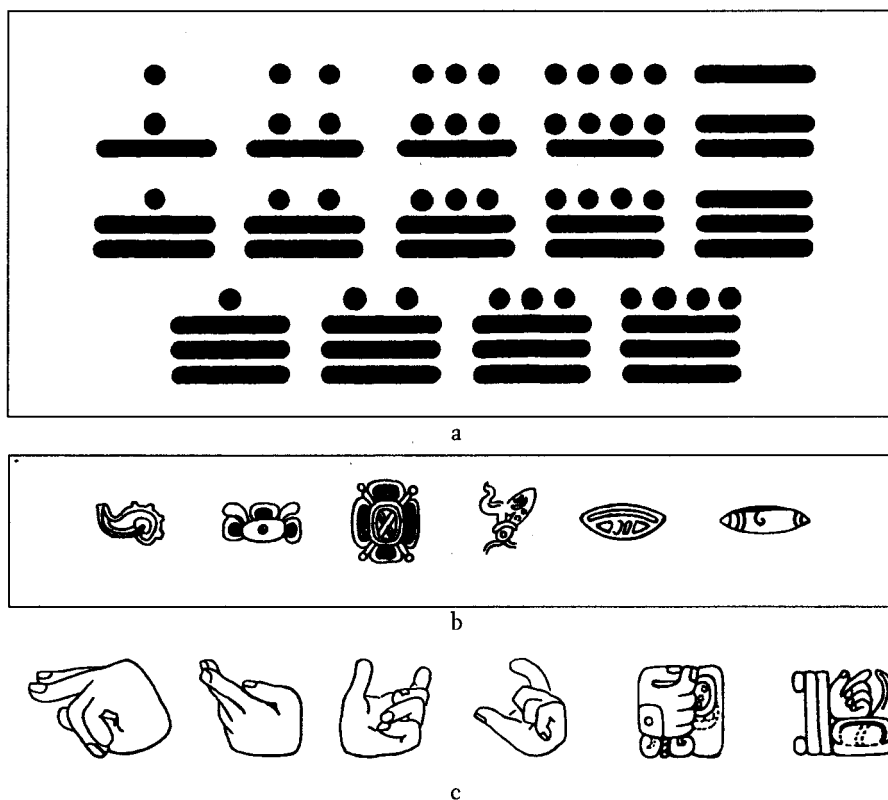


FIGURA 51. a) Los numerales mayas 1-19 de punto y barra; b) los mayas idearon una multitud de símbolos de cero o de completamiento, algunos de los cuales se representan aquí; c) los signos de mano lunar muestran un origen gráfico de la escritura. De izquierda a derecha: Luna descendente, Luna joven ascendente, la Luna retiene el agua (temporada de secas), la Luna deja escapar el agua (temporada de lluvias), representación glífica de la Luna en fase nueva, Luna de 12 días de edad. (Diagramas de P. Dunham.)

una cadena de nueves a una de ceros como la conclusión de una unidad de larga distancia recorrida. Con frecuencia, una concha marina representaba el cero maya, quizás porque con su redondez intentaba figurar la naturaleza cerrada y cíclica del tiempo. La mano empuñada, que como un nudo ata o lía juntos a los días y a los años en fardos completos, también sirve de cero en muchas inscripciones (véase figura 52). Los numerales de punto y barra probablemente derivaban de las yemas de los dedos y de la mano extendida respectivamente; éstos, junto con algunas representaciones alternativas del cero, se muestran en la figura 51. En muchos casos, los números se estilizaron en grado sumo, adornándose barras y puntos con moños, lazos, diseños en cruz, cintas y otros ornamentos.

La introducción del concepto de cero en cualquier sistema matemático confiere considerable facilidad a la realización de operaciones matemáticas simples, especialmente cuando la posición de un número en una serie determina su valor y su aportación a la totalidad. Los mayas expresaban grandes números en un sistema de notación que utilizaba el valor de posición, de manera semejante a nuestro propio sistema desarrollado en el Cercano Oriente, luego de la caída del Imperio romano. En la actualidad, escribimos el número 365 sin estar realmente conscientes de su significado. Esa compacta notación nos dice que el número es la suma de 5 unos, 6 dieces y 3 veces diez por diez. Nuestro sistema decimal o posicional de base 10, sin duda porque nuestros antepasados contaban objetos con los dedos de ambas manos, define una unidad completa que era equivalente al número de dedos que posee todo ser humano normal. La suma y la resta son operaciones sencillas cuando fácilmente se pueden tomar o prestar unidades entre órdenes. Considérense las dificultades vinculadas a la ejecución de esas simples operaciones en notación numérica romana, sistema usado por las civilizaciones europeas en la época en que los mayas empleaban su sistema de puntos y barras.

Si bien el valor de posición y el concepto de cero son dos características avanzadas compartidas por el sistema maya con nuestra notación arábiga moderna, hay dos diferencias fundamentales. Los números mayas se escribían verticalmente, con un valor de posición que aumentaba de abajo a arriba, y la base del sistema era el 20 en vez del 10, de modo que las posiciones más elevadas valían 20, 400, 8 000, 160 000 y así sucesivamente, en vez de 10, 100, 1 000, 10 000 y así sucesivamente. Su sistema, llamado *vigesimal*, probablemente se originó a partir de la costumbre primitiva de los antiguos comerciantes mayas de contar dígitos tanto con las manos como con los pies. Al parecer es razonable que ese sistema se haya desarrollado en las culturas de los trópicos.

Para familiarizarnos mejor con el sistema de puntos y barras de base 20, permítase-nos convertir de la notación maya a la arábiga un número elevado, que nosotros transcribiremos como 3.11.8.0.19. Escribiendo cada cuenta posicional en notación arábiga, tenemos:

posición superior	(20) ⁴		=	3	×	160 000	=	480 000
	(20) ³		=	11	×	8 000	=	88 000
	(20) ²		=	8	×	400	=	3 200
	(20)		=	0	×	20	=	0
posición inferior	(1)		=	19	×	1	=	19

La suma de números de la columna derecha es 571 219, valor del número en notación decimal.

Aunque esta notación vigesimal nos parezca extraña, todas las operaciones matemáticas resultan tan fáciles de ejecutar como con el sistema decimal una vez que nos familiarizamos con ella. Por ejemplo, si deseáramos sumar el número anterior a sí mismo, no debemos olvidar que se ha de pasar un dígito de una posición inferior a la posición más elevada siguiente sólo cuando el valor de la posición inferior pasa de 20 y no de 10. De ese modo, empezando nuestra suma desde abajo tenemos:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} + \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} = \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} + \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} = \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} + \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} = \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} + \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} = \begin{array}{c} \text{ooo} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}
 \end{array}$$

o sea, 7.2.16.1.18, que equivale a 1 142 438 en notación decimal.

De vez en cuando los mayas sustituían los puntos y las barras por las expresivas formas de variante de cabeza, cada una de las cuales servía para honrar las cualidades relativas a diversos dioses del panteón maya, hecho que subraya la estima en que ellos tenían su sistema de numeración. Desafortunadamente, las múltiples variaciones de esas formas hacen del desciframiento calendárico un asunto complicado. En la figura 52 se muestran algunas de las formas de numerales de variante de cabeza reconocidas. Todas ellas aparecen de perfil. Al numeral 1 de variante de cabeza, identificable por el visible mechón de cabello, se le ha vinculado con la diosa de la Luna. El numeral 2 muestra una mano abierta arriba de la cabeza y simboliza muerte y sacrificio. El 3, con un tocado a modo de turbante que con frecuencia consiste de un disco con puntos, simboliza viento y lluvia. El 4 tiene un signo de Sol a la derecha, en tanto que el 5 es el rostro de un anciano. El 6 se reconoce fácilmente por el símbolo de hacha con que se representa su ojo. Este dios significa lluvias y tormentas. El 7 simboliza al Sol noc-

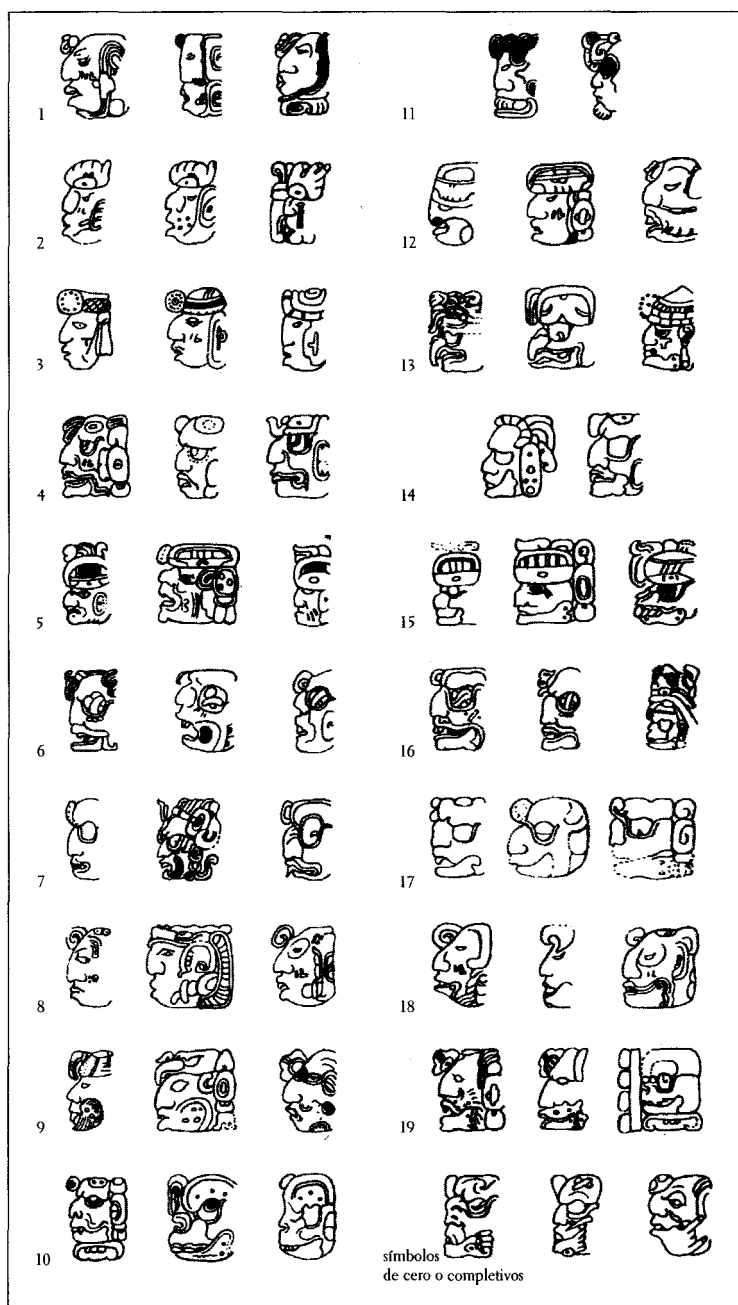
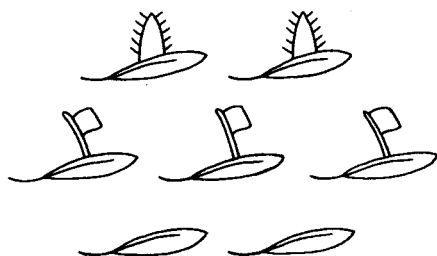


FIGURA 52. Numerales de variante de cabeza. (Diagrama de P. Dunham.)

turno y el 8 al dios del maíz (en el ejemplo de en medio el maíz es visible en su tocado). El número 9 lleva puntos en la mandíbula y representa a una serpiente. El 10 es el primero de una serie de dioses con el hueso de la mandíbula descarnado, como símbolo de muerte. El 11 muestra el símbolo de montaña-tierra; el 12, que simboliza a Venus, lleva un “signo de cielo” sobre la cabeza. Los números 13 a 19 son variantes de los números 3 a 9. La mandíbula descarnada parece indicar que a los numerales inferiores se les debe agregar 10 para obtener los superiores.

Para representar los números ocasionalmente se emplean figuras humanoides enteras. Uno de los ejemplos más elegantes de glifos de figura entera se puede apreciar en la fecha esculpida en la Estela D de Copán, Honduras (figura 53). Un par de ceros, dos individuos fornidos que aparecen en los bloques glíficos A3 y B3,⁷ se reconocen fácilmente por sus mentones asidos con la mano que implican completamiento. Uno tiene el brazo cruzado con un anfibio, otro sujeta una forma humana con un brazo izquierdo grotesco, cada uno de los cuales representa un intervalo de tiempo. Esos números, labrados en piedra, son literalmente portadores del tiempo, por lo cual se les muestra tirando de los días o arrastrándolos hasta la eternidad. Como los cargadores que aún llevan sus fardos por las calles del México moderno, las figuras de números de los bloques glíficos B1 (número 9) y B4 (el número 8) llevan su carga calendárica hasta la eternidad con ayuda de un mecapal en la frente. Cuando finalmente llegan a su destino, depositan su carga (unidades de tiempo) en un lugar de descanso, en este caso el gran monumento de piedra en que fueron esculpidas sus figuras, registrando así una fecha importante en la historia de los mayas.

Asimismo, en el sistema de escritura pictórica azteca del Altiplano Central mexicano, los órdenes también tenían símbolos: un dedo o ausencia de símbolo para 1, una bandera para 20, un árbol para 400 y una bolsa de llevar copal para 8000. Con frecuencia, aquellos signos se vinculaban al objeto que se quisiera contar. De ese modo, “862 plumas” se escribiría así:



⁷ Los epigrafistas generalmente se refieren a los bloques glíficos por columna vertical, designándolas A, B, C, ..., de izquierda a derecha, y por línea horizontal, numerándolas 1, 2, 3, ..., de arriba abajo.



FIGURA 53. Dioses de número que adornan un monumento maya (Estela D, Copán). Cada figura antropomórfica (la mitad izquierda de cada jeroglífico compuesto) representa uno de los 20 numerales. (Maudslay, 1889-1902, 1, lám. 48.)

Al parecer se suprimían las fracciones, pues los pueblos mesoamericanos preferían contar con números enteros conmensurables. Por ejemplo, el número 2 920 es divisible un número entero de veces entre 584 y 365. Estos tres números son importantes en el sistema calendárico maya. Si bien los occidentales podrían expresar 584 como $\frac{1}{2}$ de 2 920 y 365 como $\frac{1}{8}$ de 2 920, los mayas afirmarían que si sumamos $365 + 365 + \dots$ (ocho veces) llegaríamos al mismo número que si sumáramos $584 + 584 + \dots$ (cinco veces). La suma y la resta probablemente fueron las únicas operaciones matemáticas que utilizaban, aunque no haya ni un solo ejemplo existente de la realización real de cálculos matemáticos. Lástima, no ha llegado hasta nosotros ninguna libreta de astrónomo o matemático sólo copias de su trabajo terminado.

LA CUENTA LARGA

En cuestión de tiempo, los antiguos mesoamericanos abandonaban la llamada cuenta comercial a favor de una cuenta calendárica. Lo lograban haciendo un importante cambio en su sistema de numeración: modificaron el valor de la tercera posición a 18 números de 20 unidades, o sea, un total de 360 en vez de 400. Lo que probablemente surgió cuando los encargados del calendario quisieron que la tercera posición concordara cercanamente con el año trópico de 365 días y $\frac{1}{4}$. De ese modo, las posiciones superiores fueron $20 \times 360 = 7\ 200$; $20 \times 7\ 200 = 144\ 000$ y así sucesivamente. (Los babilonios dieron origen a un especial esquema similar de contar el tiempo para nuestro calendario; su innovación era un sistema sexagesimal que dio por resultado nuestra hora de 60 minutos y nuestro día de 24 horas. A ella le debemos también nuestro círculo de 360° .)

Cada orden de la cuenta calendárica llevaba el nombre siguiente (los símbolos representativos de cada periodo se muestran en la figura 54):

1 día	=	1 kin
1 uinal	=	20 kines
1 tun	=	18 uinales = 360 kines
1 katún	=	20 tunes = 7 200 kines
1 baktún	=	20 katunes = 144 000 kines, etcétera. ⁸

Podemos imaginar al uinal como un mes de 20 días y al tun como un año de 360. A decir verdad, el uinal puede ser un mes lunar reformado, habida cuenta que contiene

⁸ Aunque sólo se emplearan de vez en cuando, se conocían órdenes superiores al baktún; por tanto, las longitudes de tiempo extremas deben de haber tenido algún significado para los mayas. Así, en la piedra de Chiapas encontramos registrado el número 13.13.13.1.1.0.11.14 (15 762 391 434 días; ¡más de 43 millones de años!) (Morley, 1938, I, pp. 313-315).

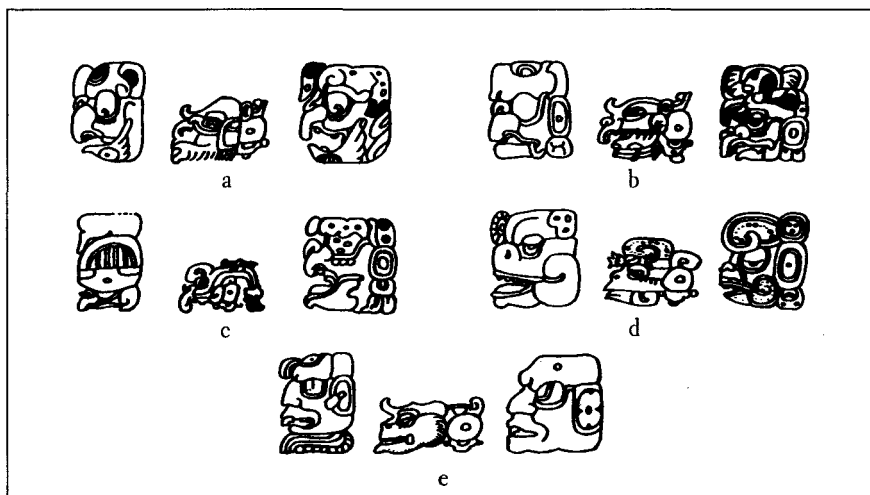


FIGURA 54. Jeroglíficos que representan órdenes de la Cuenta Larga del calendario maya: a) glifos de baktún, b) glifos de katún, c) glifos de tun, d) glifos de uinal, e) glifos de kin (nótese el signo de kin en la oreja derecha de la figura que forma parte del último glifo). (Diagrama de P. Dunham.)

la palabra luna (= u),⁹ en tanto que el tun, nombre de la unidad de 360 días, significa “piedra”, posiblemente porque los mayas esculpían un marcador de piedra (o estela) cuando concluía ese intervalo. En el cuadro 14 se dan diversos múltiplos de las unidades calendáricas.

Ahora bien, si en vez de mazorcas de maíz contáramos días obtendríamos un valor distinto del número de punto y barra que escribimos con anterioridad. Valiéndonos del cuadro 14, podemos referir nuestro número 3.11.8.0.9. a una cuenta de días; de ese modo, $432\,000 + 79\,200 + 2\,880 + 0 + 9 = 514\,089$ días. Hay ciertos indicios de que los mayas realmente consideraban su cuenta del tiempo como tres sistemas separados, cuyas unidades básicas eran el tun, el uinal y el kin. En este caso, el espíritu maya consideraría el número anterior como 3.11.8 tunes, 0 uinales y 9 kines. Sin embargo, la duración del periodo es la misma. Las unidades de tiempo eran tan especiales que los mayas creían necesario valerse de un sistema de cómputo distinto al tratarse de ellas.

Uno de los planteamientos fundamentales en el registro calendárico maya es la Cuenta Larga o número de días transcurridos a partir de un punto fijo en un pasado

⁹ Para una exposición sobre el origen lunar de esta unidad, véase Macri, s. f.

CUADRO 14. *Días por número dado de unidades calendáricas mayas en la Cuenta Larga*

Número	Baktunes	Katunes	Tunes	Uinales	Kines
1	144 000	7 200	360	20	1
2	288 000	14 400	720	40	2
3	432 000	21 600	1 080	60	3
4	576 000	28 800	1 440	80	4
5	720 000	36 000	1 800	100	5
6	864 000	43 200	2 160	120	6
7	1 008 000	50 400	2 520	140	7
8	1 152 000	57 600	2 880	160	8
9	1 296 000	64 800	3 240	180	9
10	1 440 000	72 000	3 600	200	10
11	1 584 000	79 200	3 960	220	11
12	1 728 000	86 400	4 320	240	12
13	1 872 000	93 600	4 680	260	13
14		100 800	5 040	280	14
15		108 000	5 400	300	15
16		115 200	5 760	320	16
17		122 400	6 120	340	17
18		129 600	6 480	—	18
19		136 800	6 840	—	19

remoto. Las fechas de la Cuenta Larga mayas empezaban en 0.0.0.0.0, fecha prehispánica que marcaba el más reciente periodo de la creación. Luego de completar el primer día, la máquina cronológica de la Cuenta Larga avanzó una unidad, a 0.0.0.0.1; al cabo del segundo día, a 0.0.0.0.2 y así sucesivamente, operando como el odómetro de un automóvil, hasta completar un ciclo de 13 baktunes, 13.0.0.0.0, que representa una época de creación. Luego de transcurrir ese periodo, poco más de 5 000 años, la cuenta volvía a cero y empezaba un nuevo ciclo.¹⁰

Para obtener en nuestro propio calendario gregoriano o “cristiano” el equivalente de

¹⁰ De ese modo, se contarían así los últimos días de un baktún y los primeros de un nuevo ciclo:

12.19.19.17.18

12.19.19.17.19

13.0.0.0.0. (escrito 0.0.0.0.0)

13.0.0.0.1 (escrito 0.0.0.0.1)

etcétera.

cualquier fecha de Cuenta Larga que apareciera en las inscripciones mayas, debemos encontrar con certeza la correspondencia de cuando menos una fecha de Cuenta Larga con una fecha del calendario gregoriano. Hasta hace poco había habido mucha discrepancia sobre el modo preciso de hacerlo. De acuerdo con uno de los intentos más comúnmente aceptados de correlación entre los calendarios maya y cristiano, la llamada correlación Goodman-Martínez-Thompson (abreviada como GMT), la posición cero del punto de partida más reciente de la Cuenta Larga fue el 12 de agosto de 3114 a.C. (o -3113), fecha en que los astrónomos no han encontrado acaecimiento de ningún fenómeno celeste importante (como no sean los dos pasos anuales del Sol por el cenit en el sur del área maya). El siguiente cambio cíclico tendrá lugar el 8 de diciembre de 2012. Diferimos nuestro examen del problema de la correlación al apéndice B, al final de este capítulo, en donde también aparece un ejemplo de la mecánica de conversión de fechas. Por el momento, cualesquiera de las fechas cristianas que encontremos habrán sido convertidas a partir de las fechas mayas de acuerdo con la correlación GMT.

Los mayas fueron diligentes tenedores de registros durante los baktunes 9 y 10 del ciclo más reciente, dado que la mayoría de las fechas que encontramos tienen uno de esos números en posición superior;¹¹ por ejemplo, encontramos fechas de Cuenta Larga como 9.15.11.16.2. Con ayuda del cuadro 1 podemos descomponer esa fecha en la suma de

9 baktunes	×	144 000 días	=	1 296 000 días
15 katunes	×	7 200 días	=	108 000 días
11 tunes	×	360 días	=	3 960 días
16 uinales	×	20 días	=	320 días
2 kines	×	1 día	=	2 días

o sea 1 408 282 días después del día cero, lo que equivale al 9 de mayo de 743 d.C.

Para concluir esta sección descifremos una fecha de la Cuenta Larga real, tal como podría encontrarla un epigrafista. La mitad derecha de la figura 55 muestra una de las primeras inscripciones, hallada en un lado de una placa de jade grabada, conocida como la Placa de Leyden, por la ciudad holandesa en cuyo museo se guarda. Descubierta originalmente en la costa oriental de Guatemala, al reverso (derecha) da la

A decir verdad, no sabemos que se hayan escrito fechas entre 13.0.0.0.0 y 1.0.0.0.0, por lo cual no tenemos la seguridad de que se escribieran con coeficiente de baktún 13 o 0. Más aún: puede resultar engañoso afirmar que la cuenta regresaba a cero al cabo de 13 baktunes en todas las representaciones. Por ejemplo, Thompson (1950, p. 314) muestra un caso en que la suma de 9.8.9.13.0 y 10.11.10.5.8 era ;1.0.0.0.0.8!

¹¹ Sólo se han registrado unas cuantas fechas de la Cuenta Larga del “ciclo 7” y sólo se han descubierto algunas inscripciones más que empiezan con el baktún 8.

fecha en que subió al poder el caudillo, gobernante de Tikal, a quien se muestra ricamente ataviado, de pie sobre la espalda de un cautivo atado. La fecha empieza en el bloque 1 con un elaborado glifo introductorio, muy común en los monumentos mayas fechados para anunciar la Cuenta Larga. Luego, en orden descendente leemos los bloques 2 a 6: 8 baktunes, 14 katunes, 3 tunes, 1 uinal, 12 kines, que, con ayuda del apéndice B, podemos encontrar que corresponde al 14 de septiembre de 320 d.C. (Los jero-

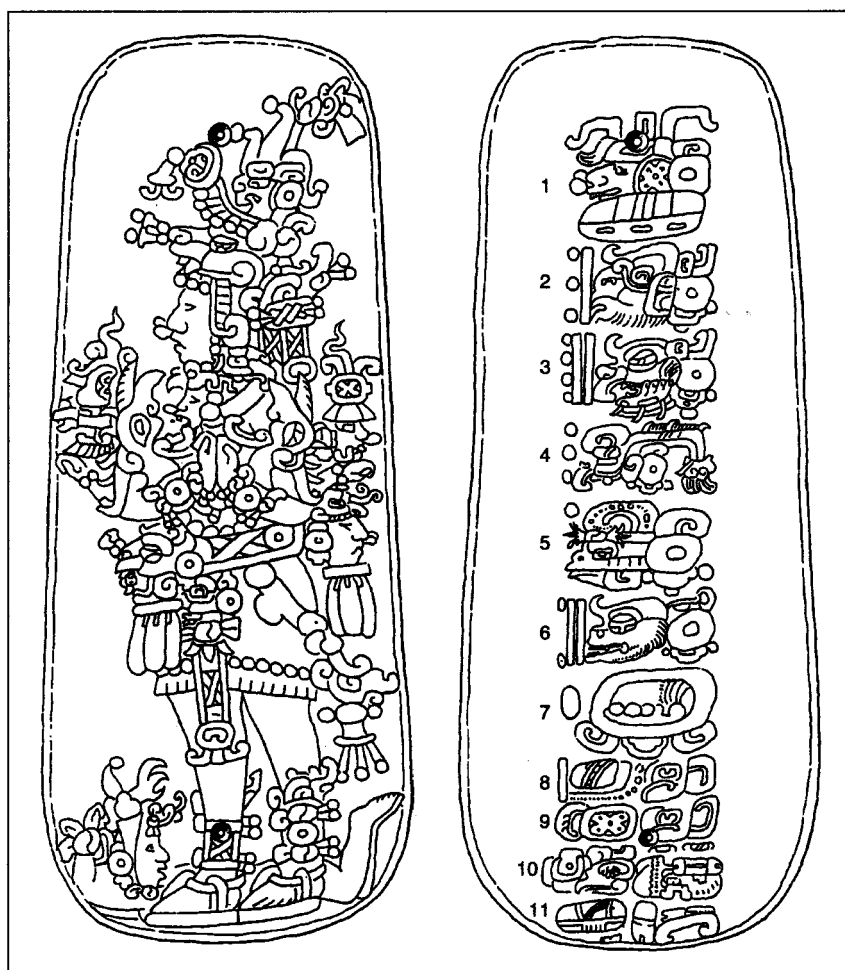


FIGURA 55. La Placa de Leyden (aproximadamente a $\frac{2}{3}$ de escala). (Morley, 1961, lám. 15; cortesía de la Carnegie Institution of Washington.)

glíficos que simbolizan los periodos de tiempo integrantes de esta Cuenta Larga deben reconocerse fácilmente a partir de la figura 54.)

LA RUEDA CALENDÁRICA

Cuando menos otros dos periodos de tiempo fundamentales se representan en el resto de la inscripción de Leyden: la posición en el almanaque ritual de 260 días, conocido también como Tzol kin, o simplemente ciclo de 260 días (llamado Tonalpohualli por los aztecas), y el Haab de 365 días (llamado Xihuitl por ellos mismos). En conjunto, la Cuenta Larga, el Haab y el ciclo ritual (Tzol kin) constituyen lo que llamamos la parte de la serie inicial de una fecha maya. Éstos son los primeros símbolos que se suelen encontrar en una inscripción calendárica.

El primer ejemplo claro de calendario de 260 días (alrededor de 600 a.C.) fue hallado en las ruinas de San José Mogote, cerca de Monte Albán, Oaxaca, pero tal vez puedan aparecer también indicios de él en objetos olmecas que datan de 900 a.C. Siendo evidentemente la primera forma calendárica de la que tenemos documentación, el Tzol kin consiste de 20 días con sus nombres, que se alternan al infinito con numerales del 1 al 13 y operan juntos con independencia de la Cuenta Larga. Para simplificar, podemos imaginar al Tzol kin como un par de engranes, uno de 13 y otro de 20 dientes. Sin duda alguna, esos engranes fueron los componentes más importantes de la máquina del tiempo maya.¹² Los nombres de días usados tanto por los mayas como por los aztecas se enumeran en el cuadro 15, y en la figura 56 se dibujan los jeroglíficos de los días mayas representativos. Nótese la naturaleza biomórfica de muchos de esos símbolos: Imix es claramente una garra de jaguar; también son obvios Kan, una mazorca de maíz; Manik, un aguijón de alacrán; y Oc, un perro. En la figura 11 podemos apreciar los dibujos aztecas que representan a cada uno de los 20 días de la franja circular que rodea a la parte central del calendario azteca.

Supóngase que hoy empezamos un ciclo haciendo corresponder el número 1 con el día Imix; entonces, mañana será 2 Ik y pasado mañana 3 Akbal. Recorriendo la lista ordenada de nombres de días, vemos que el día número 13 será Ben. Luego volvemos a empezar la serie de números, haciendo corresponder a 1 con Ix, 2 con Men, 3 con Cib y así sucesivamente. Después de 7 Ahau se acaban los nombres de días y debemos volver al principio de la lista con 8 Imix. Otros numerales coincidirán con el día Imix, pero la combinación de un mismo número con un mismo día no se repetirá hasta que hayan transcurrido 13×20 o 260 días (13.0 según la notación maya).

¹² No hay razón para pensar que los mayas concibieran estos ciclos como ruedas dentadas, aunque muy al principio las encontremos en la historia de la Conquista representadas de ese modo, por ejemplo, en el *Libro de Chilam Balam de Kaua*. (Estoy en deuda con Victoria Bricker por señalármelo.)

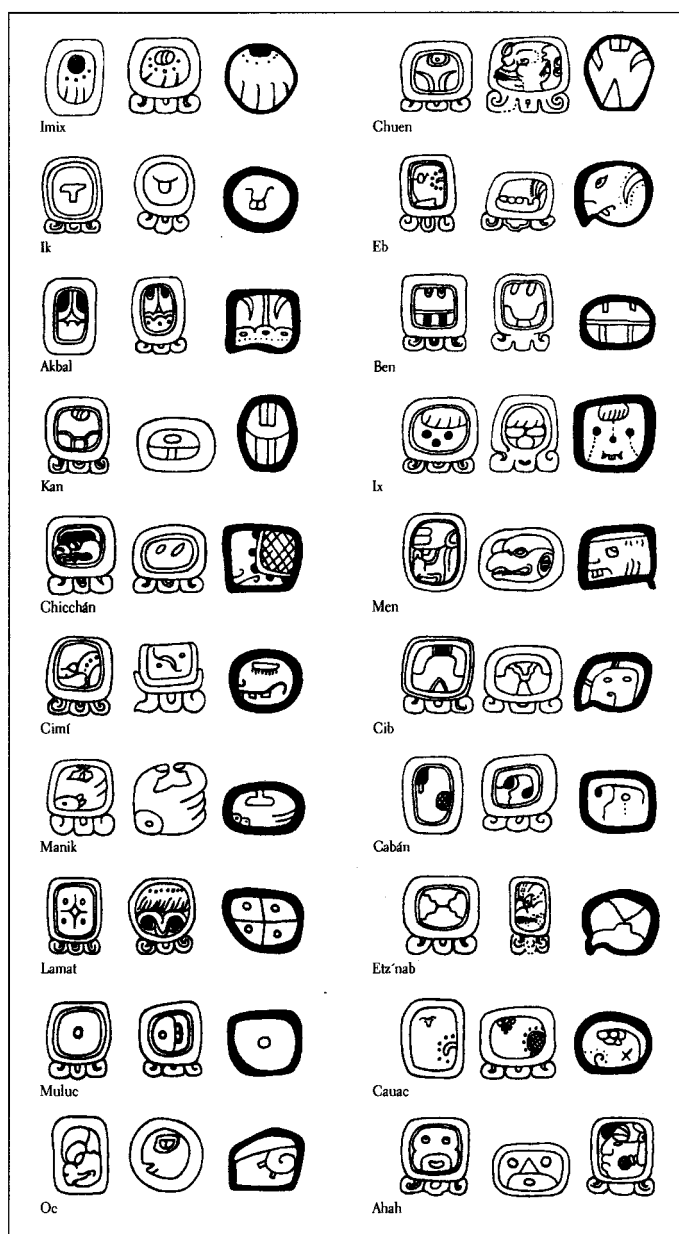


FIGURA 56. Glifos de nombres de días (véase el cuadro 15). Los de líneas gruesas son ejemplos tomados de los códices; los demás proceden de inscripciones hechas en monumentos. (Diagrama de P. Dunham.)

CUADRO 15. *Nombres de días y meses mayas con sus equivalentes en el Altiplano Central mexicano*

	<i>Mayas</i>	<i>Aztecas</i>
Nombres de días	Imix	Cipactli (lagarto)
	Ik	Ehécatl (viento)
	Akbal	Calli (casa)
	Kan	Cuetzpallin (lagartija)
	Chicchán	Cóatl (serpiente)
	Cimí	Miquiztli (muerte)
	Manik	Mázatl (venado)
	Lamat	Tochtli (conejo)
	Muluc	Atl (agua)
	Oc	Itzcuintli (perro)
	Chuen	Ozomatli (mono)
	Eb	Malinalli (hierba)
	Ben	Ácatl (caña)
	Ix	Océlotl (jaguar)
	Men	Cuauhtli (águila)
	Cib	Cozcacuauhtli (zopilote)
	Cabán	Ollin (movimiento)
	Etz'nab	Técpatl (cuchillo de pedernal)
	Cauac	Quíáhuil (lluvia)
	Ahau	Xóchitl (flor)
Nombres de meses	Pop	Tlaxochimaco
	Uo	Xocotlhueztli
	Zip	Ochpaniztli
	Zotz	Teoteco
	Tzec	Tepeilhuitli
	Xul	Quecholli
	Yaxkin	Panquetzaliztli
	Mol	Atemotztli
	Chen	Títitl
	Yax	Izcalli
	Zac	Atlcahualo
	Ceh	Tlacaxipehualiztli
	Mac	Tozoztontli
	Kankín	Hueytozoztli
	Muan	Tóxcatl
	Pax	Etzalcualiztli
	Kayab	Tecuilhuitontli
	Cumku	Hueytechuilhuitl
	Uayeb	Nemontemi

NOTA: Alineamiento de los nombres de los meses aztecas con los nombres de los meses mayas según Spinden (1924, p. 103).

Ese ciclo es semejante a nuestro propio esquema para hacer corresponder los siete días de la semana con los días numerados del mes, salvo que nuestro sistema no es tan ordenado: algunos de nuestros meses tienen 30 días, otros 31, uno más 28 y, ocasionalmente, 29. El diagrama y el cuadro de la figura 57 muestran cómo se combinan los engranes de 13 y 20 días para formar una rueda calendárica de 260 dientes que revela todas las combinaciones posibles de número y nombre de día, donde cada combinación está representada por un diente de la rueda. La cuenta empieza arbitrariamente con la fecha 1 Imix y avanza a lo largo del ciclo de 260 días hasta regresar a la posición original. En las columnas del cuadro, los números de 1 a 260 corren junto con series de numerales del 1 al 13 (la vía interior del diagrama) que se repiten 20 veces. El cuadro será útil para los cálculos del final de este capítulo.

Ninguna otra civilización en el mundo usó un ciclo de 260 días y no podemos estar seguros del modo en que ese singular periodo alcanzó prominencia en Mesoamérica. En nuestro siglo aún lo emplean algunos pueblos remotos de la región de las tierras altas de Guatemala. La antropóloga Barbara Tedlock (1982, 1992) y otros estudiosos han demostrado que los nombres de los días todavía son vigentes entre los mayas quichés y poseen un significado tanto literal como simbólico. En la actualidad, los adivinos usan este calendario para aconsejar a sus clientes sobre enfermedades, disputas de tierras y otros asuntos de importancia para ellos. Por ejemplo, sólo ciertos días se consideran favorables para una petición de mano en matrimonio y otros sólo para la propia ceremonia de boda. Como explicaremos posteriormente en este capítulo, en el antiguo calendario maya encontramos funciones de pronosticación similares para las fechas de aparición y desaparición de Venus.

Según cierta explicación, la cuenta ritual de 260 días tuvo origen en Copán, situada a una latitud ($14^{\circ}57'$ N) en que los pasos del Sol por el cenit dividen el año en dos partes con duración de 260 y 105 días (véase el cuadro 3). Ambos periodos se aproximan a las temporadas de siembras larga y corta que aún se acostumbra en la actualidad. Pero esta hipótesis se antoja insostenible, especialmente porque en el área zapoteca encontramos testimonios de inscripciones calendáricas que se remontan a 600 a.C., mucho antes de la fundación de Copán.

Alternativamente, se ha sugerido que el principio del cenit fue descubierto en el Preclásico Tardío en Izapa, población del sureste de México, situada a la misma latitud que Copán pero mucho más al occidente. El principio se aplicó posteriormente al este, para determinar la localización de Copán buscando un sitio adecuado a la latitud apropiada. Muchas personas se han pronunciado contra cualquier hipótesis sobre el origen del ciclo que considere acaecimientos astronómicos, pues ningún fenómeno celeste ocurre regularmente en un mismo punto del ciclo. Como el cómputo de los 260 días procedía de manera continua, un día determinado del ciclo caería en distin-

Imix	1(1)	8(21)	2(41)	9(61)	3(81)	10(101)	4(121)	11(141)	5(161)	12(181)	6(201)	13(221)	7(241)
Ik	2(2)	9(22)	3(42)	10(62)	4(82)	11(102)	5(122)	12(142)	6(162)	13(182)	7(202)	1(222)	8(242)
Akbal	3(3)	10(23)	4(43)	11(63)	5(83)	12(103)	6(123)	13(143)	7(163)	1(183)	8(203)	2(223)	9(243)
Kan	4(4)	11(24)	5(44)	12(64)	6(84)	13(104)	7(124)	1(144)	8(164)	2(184)	9(204)	3(224)	10(244)
Chicchán	5(5)	12(25)	6(45)	13(65)	7(85)	1(105)	8(125)	2(145)	9(165)	3(185)	10(205)	4(225)	11(245)
Cimí	6(6)	13(26)	7(46)	1(66)	8(86)	2(106)	9(126)	3(146)	10(166)	4(186)	11(206)	5(226)	12(246)
Manik	7(7)	1(27)	8(47)	2(67)	9(87)	3(107)	10(127)	4(147)	11(167)	5(187)	12(207)	6(227)	13(247)
Lamat	8(8)	2(28)	9(48)	3(68)	10(88)	4(108)	11(128)	5(148)	12(168)	6(188)	13(208)	7(228)	1(248)
Muluc	9(9)	3(29)	10(49)	4(69)	11(89)	5(109)	12(129)	6(149)	13(169)	7(189)	1(209)	8(229)	2(249)
Oc	10(10)	4(30)	11(50)	5(70)	12(90)	6(110)	13(130)	7(150)	1(170)	8(190)	2(210)	9(230)	3(250)
Chuen	11(11)	5(31)	12(51)	6(71)	13(91)	7(111)	1(131)	8(151)	2(171)	9(191)	3(211)	10(231)	4(251)
Eb	12(12)	6(32)	13(52)	7(72)	1(92)	8(112)	2(132)	9(152)	3(172)	10(192)	4(212)	11(232)	5(252)
Ben	13(13)	7(33)	1(53)	8(73)	2(93)	9(113)	3(133)	10(153)	4(173)	11(193)	5(213)	12(233)	6(253)
Ix	1(14)	8(34)	2(54)	9(74)	3(94)	10(114)	4(134)	11(154)	5(174)	12(194)	6(214)	13(234)	7(254)
Men	2(15)	9(35)	3(55)	10(75)	4(95)	11(115)	5(135)	12(155)	6(175)	13(195)	7(215)	1(235)	8(255)
Gib	3(16)	10(36)	4(56)	11(76)	5(96)	12(116)	6(136)	13(156)	7(176)	1(196)	8(216)	2(236)	9(256)
Cabán	4(17)	11(37)	5(57)	12(77)	6(97)	13(117)	7(137)	1(157)	8(177)	2(197)	9(217)	3(237)	10(257)
Etz'nab	5(18)	12(38)	6(58)	13(78)	7(98)	1(118)	8(138)	2(158)	9(178)	3(198)	10(218)	4(238)	11(258)
Cauac	6(19)	13(39)	7(59)	1(79)	8(99)	2(119)	9(139)	3(159)	10(179)	4(199)	11(219)	5(239)	12(259)
Ahau	7(20)	1(40)	8(60)	2(80)	9(100)	3(120)	10(140)	4(160)	11(180)	5(200)	12(220)	6(240)	13(260)

20 nombres de días

FIGURA 57. La rueda de los días del Tzol kin: la cuenta combinada de 13 numerales y 20 nombres de días formaba el ciclo calendárico básico de 260 días. El ciclo completo se muestra en el cuadro adjunto. (Diagrama de P. Dunham, basado en Teeple, 1930, p. 89.)

tos puntos de años trópico sucesivos, en tanto que los pasos por el cenit tienen lugar en puntos precisos de todos los años trópico. Tal vez este argumento refleje nuestra propia inclinación cultural acerca del modo en que debería practicarse la astronomía. Sin embargo, es interesante la coincidencia de encontrar que la fecha 0 del 12 de agosto de la Cuenta Larga, según la correlación GMT, coincidió exactamente con el paso del Sol por el cenit a la latitud de Copán.

Otros acaecimientos astronómicos se han vinculado de manera informal a la cuenta de 260 días. Por ejemplo, un doble Tzol kin de 520 días (1.8.0 según los mayas) equivale casi exactamente a tres medios años de eclipses (3×173.31 días = 519.93 días), factor que pudo haber tenido importancia en la predicción de esos fenómenos (véase capítulo III).¹³ Por lo demás, el actual intervalo de aparición de Venus como estrella matutina y vespertina se acerca a 260 (263 días en promedio) y el periodo sinódico de Marte es exactamente tres ciclos de 260 días.

La coincidencia entre la duración de la visibilidad de Venus en el cielo y el calendario de 260 días nos lleva a preguntarnos si los dos ciclos estaban vinculados empíricamente. Algunos extractos de un manuscrito del fraile y cronista Toribio de Benavente (Motolinia) aportan un testimonio casi definitivo al respecto. Acompañando a un cuadro de los nombres de días de un ciclo de 260 días encontramos la explicación siguiente:

Esta tabla que aquí se pone se puede llamar calendario de los indios de la Nueva España, el cual contaban por una estrella que en el otoño comienza a aparecer a las tardes al occidente, y con [luz] muy clara y resplandeciente, tanto que el que tiene buena vista y la sabe buscar, la verá de mediodía adelante. Llámase esta estrella *Lucifer*, y por otro nombre se dice *Hesper*, y de este nombre y estrella, nuestra España en un tiempo se llamó *Hesperia*. Como el Sol va abajando y haciendo los días pequeños, parece que ella va subiendo; a esta causa cada día va apareciendo un poco más alta, hasta tanto que torna el Sol a la alcanzar y pasar en el verano y estío, y se viene a poner con el Sol, en cuya claridad se deja de ver; y este tiempo y días que aparece y sale la primera vez y sube en alto y se torna a perder y encubrir en esta tierra son doscientos y sesenta días, los cuales están figurados y asentados [en el] calendario o tabla [citado por Nuttall, 1904, pp. 497-498].

Salvo por la confusión acerca de la repetición estacional del fenómeno, poca duda cabe de que Motolinia habla del planeta Venus, porque es el único objeto celeste que se comporta como queda descrito en el periodo que él define. En apoyo del argumento, Motolinia dice en seguida que el mismo objeto se demora y sale en el oriente por otro periodo de 260 días y que los aztecas lo seguían muy detenidamente y lo ado-

¹³ Esto significa que las combinaciones de nombre y número de día a $\frac{2}{3}$ de cada revolución sucesiva en el ciclo seguirían produciéndose durante los periodos de advertencia sobre eclipses. Por ejemplo, si en la figura 57 empezamos con 1 Imix y contamos hacia delante 173, 173, 174, 173, 173, 174 días llegamos a 5 Ix, 9 Manik, 1 Imix, 5 Ix, 9 Manik, 1 Imix...

rabán porque creían que el propio Quetzalcóatl se había transformado en esa estrella al abandonar nuestro mundo. (Lo expresado acerca de la recurrencia estacional del fenómeno de Venus puede ser un reflejo de las conmensurabilidades a que nos hemos referido en el capítulo III, esto es, que un acaecimiento se califique de estacional no necesariamente implica que tenga lugar en el mismo punto en *cada* estación.)

En fin, una coincidencia periódica de otra especie puede haber figurado en el desarrollo del ciclo de 260 días. Algunas personas han señalado que el ciclo se acerca notablemente al periodo de gestación promedio de la mujer (266 días), lo cual implicaría que su longitud tuviera un origen sumamente práctico.¹⁴ Otros más creen que el ciclo no tenía vinculación alguna con los fenómenos naturales. Simplemente puede haber resultado de una combinación de los números fundamentales: 20 (el número de dedos de las manos y los pies del ser humano) y 13 (el número de estratos del cielo).¹⁵ Dadas las coincidencias astronómicas, numerológicas y biológicas cabe preguntarse si, con independencia de su origen, el número 260 llegó a ser significativo precisamente porque los mayas reconocían la manera tan manifiesta en que reunía tantos ciclos de la naturaleza.

La parte final de una fecha de serie inicial registra la posición en el llamado año común de 365 días (el ciclo del Haab). Éste se forma alternando 18 posiciones de mes (cuadro 15) con los números 0-19, lo cual da un total de 360 días. Para formar la rueda completa de 365 días al final se agrega un décimo noveno “mes”, llamado Uayeb (Nemontemi entre los aztecas), que consiste de cinco días numerados, a cada uno de los cuales se le considera infausto. En la figura 58 se muestran representaciones de los nombres de mes. Entre los rasgos reconocibles que constituyen los símbolos de mes se incluyen la estera de Pop, que significa “autoridad”; Zotz, “el murciélago de la nariz foliada” y el (nuevo) Sol; además del signo de kin o de Sol que constituye a Yaxkin. (Véase muchos más ejemplos en Thompson, 1950, pp. 107-119.)

Las primeras formas de glifos del Haab datan de 100 a.C., 500 años completos después del Tzol kin. El Haab opera independientemente del almanaque ritual de 260 días y de la Cuenta Larga, así como nuestra secuencia de días con nombre, domingo, lunes, martes sigue su marcha sin ser afectada por el número del día y por la secuencia de los meses. Si empezamos un año común maya (el Haab) con 0 Pop (día cero del mes de Pop), el día siguiente será 1 Pop y el mes terminará con 19 Pop.¹⁶ A éste le

¹⁴ Earle y Snow (1985) han examinado la vinculación entre el Tzol kin y la duración del embarazo entre los mayas contemporáneos.

¹⁵ En realidad, no hay testimonio precolombino documentado de un cielo de 13 capas. Todas las referencias a esta idea provienen de los sumamente sincréticos *Libros de Chilam Balam* escritos después de la Conquista. Para un análisis véase V. Bricker y Miram, s. f.

¹⁶ La cuenta puede haber procedido en sentido contrario de 1 a 20, representando el vigésimo día el principio del mes siguiente. Nosotros adoptamos la notación 0-19.



FIGURA 58. Glifos de los nombres de los meses *véase el cuadro 15*). Los de contornos gruesos son ejemplos tomados de los códices; los demás *proceden de inscripciones hechas en estelas*. (Diagrama de P. Dunham.)

Pop	Uo	Zip	Zotz	Tzec	Xul	Yaxkin	Mol	Chen	Yax	Zac	Ceh	Mac	Kankin	Muan	Pax	Kayab	Cumku	Uayeb
0(1)	0(21)	0(41)	0(61)	0(81)	0(101)	0(121)	0(141)	0(161)	0(181)	0(201)	0(221)	0(241)	0(261)	0(281)	0(301)	0(321)	0(341)	0(361)
1(2)	1(22)	1(42)	1(62)	1(82)	1(102)	1(122)	1(142)	1(162)	1(182)	1(202)	1(222)	1(242)	1(262)	1(282)	1(302)	1(322)	1(342)	1(362)
2(3)	2(23)	2(43)	2(63)	2(83)	2(103)	2(123)	2(143)	2(163)	2(183)	2(203)	2(223)	2(243)	2(263)	2(283)	2(303)	2(323)	2(343)	2(363)
3(4)	3(24)	3(44)	3(64)	3(84)	3(104)	3(124)	3(144)	3(164)	3(184)	3(204)	3(224)	3(244)	3(264)	3(284)	3(304)	3(324)	3(344)	3(364)
4(5)	4(25)	4(45)	4(65)	4(85)	4(105)	4(125)	4(145)	4(165)	4(185)	4(205)	4(225)	4(245)	4(265)	4(285)	4(305)	4(325)	4(345)	4(365)
5(6)	5(26)	5(46)	5(66)	5(86)	5(106)	5(126)	5(146)	5(166)	5(186)	5(206)	5(226)	5(246)	5(266)	5(286)	5(306)	5(326)	5(346)	
6(7)	6(27)	6(47)	6(67)	6(87)	6(107)	6(127)	6(147)	6(167)	6(187)	6(207)	6(227)	6(247)	6(267)	6(287)	6(307)	6(327)	6(347)	
7(8)	7(28)	7(48)	7(68)	7(88)	7(108)	7(128)	7(148)	7(168)	7(188)	7(208)	7(228)	7(248)	7(268)	7(288)	7(308)	7(328)	7(348)	
8(9)	8(29)	8(49)	8(69)	8(89)	8(109)	8(129)	8(149)	8(169)	8(189)	8(209)	8(229)	8(249)	8(269)	8(289)	8(309)	8(329)	8(349)	
9(10)	9(30)	9(50)	9(70)	9(90)	9(110)	9(130)	9(150)	9(170)	9(190)	9(210)	9(230)	9(250)	9(270)	9(290)	9(310)	9(330)	9(350)	
10(11)	10(31)	10(51)	10(71)	10(91)	10(111)	10(131)	10(151)	10(171)	10(191)	10(211)	10(231)	10(251)	10(271)	10(291)	10(311)	10(331)	10(351)	
11(12)	11(32)	11(52)	11(72)	11(92)	11(112)	11(132)	11(152)	11(172)	11(192)	11(212)	11(232)	11(252)	11(272)	11(292)	11(312)	11(332)	11(352)	
12(13)	12(33)	12(53)	12(73)	12(93)	12(113)	12(133)	12(153)	12(173)	12(193)	12(213)	12(233)	12(253)	12(273)	12(293)	12(313)	12(333)	12(353)	
13(14)	13(34)	13(54)	13(74)	13(94)	13(114)	13(134)	13(154)	13(174)	13(194)	13(214)	13(234)	13(254)	13(274)	13(294)	13(314)	13(334)	13(354)	
14(15)	14(35)	14(55)	14(75)	14(95)	14(115)	14(135)	14(155)	14(175)	14(195)	14(215)	14(235)	14(255)	14(275)	14(295)	14(315)	14(335)	14(355)	
15(16)	15(36)	15(56)	15(76)	15(96)	15(116)	15(136)	15(156)	15(176)	15(196)	15(216)	15(236)	15(256)	15(276)	15(296)	15(316)	15(336)	15(356)	
16(17)	16(37)	16(57)	16(77)	16(97)	16(117)	16(137)	16(157)	16(177)	16(197)	16(217)	16(237)	16(257)	16(277)	16(297)	16(317)	16(337)	16(357)	
17(18)	17(38)	17(58)	17(78)	17(98)	17(118)	17(138)	17(158)	17(178)	17(198)	17(218)	17(238)	17(258)	17(278)	17(298)	17(318)	17(338)	17(358)	
18(19)	18(39)	18(59)	18(79)	18(99)	18(119)	18(139)	18(159)	18(179)	18(199)	18(219)	18(239)	18(259)	18(279)	18(299)	18(319)	18(339)	18(359)	
19(20)	19(40)	19(60)	19(80)	19(100)	19(120)	19(140)	19(160)	19(180)	19(200)	19(220)	19(240)	19(260)	19(280)	19(300)	19(320)	19(340)	19(360)	

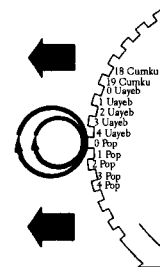


FIGURA 59. Un ciclo de Haab o rueda de los meses: un ciclo de 365 días está formado por 18 meses, cada uno de los cuales consta de 20 días, más un periodo adicional de cinco días. Estos “engranes” se combinan con los de la figura 57 para producir una rueda calendárica de 52 haabs. Este ciclo completo se detalla en el cuadro adjunto. (Diagrama de P. Dunham.)

seguirá 0 Uo y así sucesivamente. El 360° día del año será 19 Cumku, seguido por 0 Uayeb. El año termina el 4 Uayeb; luego tenemos el Día de Año Nuevo del año siguiente, una vez más 0 Pop. Como el ciclo de 260 días, esta serie prosigue interminablemente sin cambio y sin verse afectada por otras partes de la serie inicial. No se ha presentado ningún argumento convincente de que los aztecas o los mayas utilizaran un año bisiesto. En la figura 59 se muestra una rueda de Haab seccionada que se ha formado a la manera del Tzol kin. En la parte interna de la rueda se numeran los días a partir de 0 Pop.

Ahora, imagínese que los “engranes calendáricos” de las figuras 57 y 59 se acoplan entre sí. Aunque giren eternamente, al cabo de cierto tiempo una posición de la cuenta de 260 días se repetirá en determinada posición de la cuenta de 365. Un ciclo completo (al que llamamos rueda calendárica) se define como el tiempo transcurrido entre acaecimientos sucesivos de un día numerado y nombrado de la cuenta de 260 días y otro con la misma posición de número y mes en el año de 365 días. Esa fecha completa se repetirá cada 18 980 días, mínimo común múltiplo de 260 y 365. Este periodo es igual a 73 tzol kines o 52 haabs.

LA UNIÓN DEL TIEMPO Y EL ESPACIO EN LA COSMOLOGÍA MESOAMERICANA

Como sugerimos en el capítulo III, el ciclo de 52 años, que conmensuraba los periodos de 260 y 365 días, era un intervalo de gran significación en toda Mesoamérica. En el Altiplano Central mexicano, en donde se llamaba *to xiuh molpilli* (enlace o atadura de los años), el completamiento de cada ciclo se celebraba con una ceremonia del Fuego Nuevo. El historiador Sahagún dice lo que ocurría en aquella ocasión:

Acabada la dicha rueda de los años [cincuenta y dos], al principio del nuevo año que se decía *ome ácatl* [dos caña], solían hacer los de México y de toda la comarca una fiesta o ceremonia grande, que llamaban *to xiuh molpili*; y es casi atadura de los años, y esta ceremonia se hacía de cincuenta y dos en cincuenta y dos años, a saber, después que cada una de las cuatro señales había regido trece veces a los años.

Decíase aquella fiesta *to xiuh molpili*, que quiere decir “átense nuestros años”, y porque era principio de otros cincuenta y dos años, decían también *xiuhtzitzquilo*, que quiere decir, “se torna el año nuevo”, y en señal de esto cada uno tocaba a las yerbas, para dar a entender que ya se comenzaba la cuenta de otros cincuenta y dos años para que se cumpliesen ciento cuatro años, que hacen un siglo.

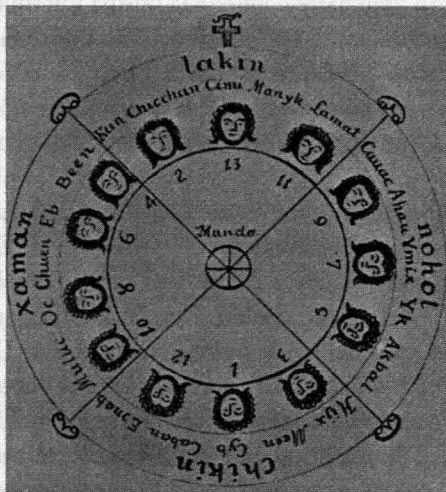
Así que entonces sacaban también nueva lumbre, y cuando ya se acercaba el día señalado para sacar nueva lumbre, cada vecino de México solía echar, o arrojar en el agua o en las acequias, o lagunas, las piedras o palos que tenían por dioses de su casa, también las piedras que

servían en los hogares para cocer comida, y con que molían ajíes o chiles, y limpiaban muy bien las casas y al cabo mataban todas las lumbres [1985, pp. 438-439].

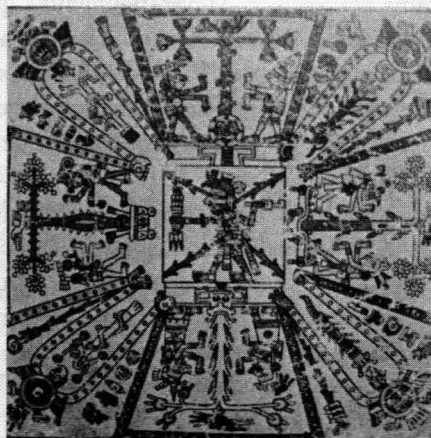
Como se sugiere aquí, cada periodo de 52 años se dividía en cuatro partes de 13 años, cada una de ellas encabezada por un portador de año diferente, en representación de determinado punto cardinal. Aquella división en cuartos se pinta repetidas veces de diversos modos en los antiguos cosmogramas que aún se conservan. Estando ahora mejor preparados para comprender los ciclos cronológicos que implica la división cuatripartita, regresemos a los calendarios de la figura 60 y examinemos su significado con mayor detenimiento.

El cosmograma que se muestra en la figura 60a está tomado de uno de los textos religiosos yucatecos, el *Libro de Chilam Balam de Kaua* (Bowditch, 1910, figura 64), escrito en la época de la Conquista. Un par de líneas que se intersectan en los ángulos rectos divide la rueda en cuatro compartimientos, cada uno de los cuales representa una región del mundo. En su interior están 13 periodos de tiempo de un katún divididos en 3-3-3-4, cada uno de ellos numerado y simbolizado por una cabeza. El año empieza con los cinco días: Kan, Chicchán, Cimi, Manik (Manyk) y Lamat, mismos con los que termina. A Kan, primer día del año, se le llama "cargador del año",¹⁷ cuyos años se consideraban vinculados al este (*lakin* = *likin*). Luego vienen el año cuyo portador es Muluc y los cinco días: Muluc, Oc, Chuen, Eb y Ben (Been) asociadós al norte o hacia arriba (*xaman*), seguidos de los días de Ix (Hijx) en el oeste y de los días de Cauac en el sur o dirección descendente. De ese modo, los años avanzan en sentido opuesto a las manecillas del reloj, cuatro por ciclo, para regresar al este. El pequeño círculo del centro (rotulado como *mundo* en español) representa a la Tierra, a partir de la cual se estiman las cuatro direcciones. También se divide en cuartos, aunque por un par de líneas de intersección ubicadas a media distancia entre aquellas que dividen las partes externas del círculo. Éstas representan los puntos cardinales, en tanto que las líneas más largas representan la migración del dios del Sol, Kin, a sus extremos norte y sur a lo largo del horizonte (Cristo, simbolizado por la cruz, toma el lugar del Sol en el horizonte oriental.) El cosmograma en conjunto recuerda el símbolo de Kin (figura 67a), cuya forma probablemente derive de ese concepto.

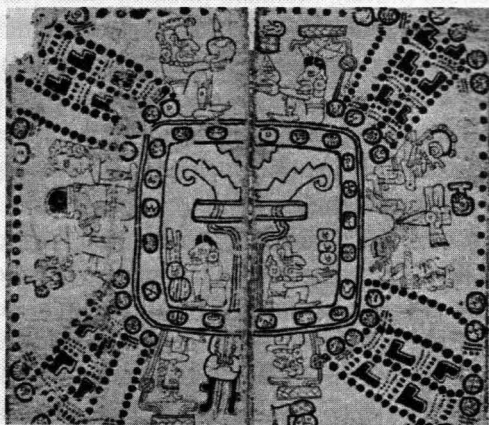
¹⁷ Los portadores del año, o nombres de los días con que comienza (o termina) el año en la lista de 20 días, sólo son cuatro y pueden repetirse. Ocurre así porque $365 \div 20$ arroja un sobrante de 5. De ese modo, en el cuadro 15, si Kan es el nombre del Día de Año Nuevo en el año 1, Muluc (que se encuentra contando hacia delante cinco días a partir de Kan) será el portador del año 2. Yendo adelante, el siguiente portador de año será Ix, seguido de Cauac. Una cuenta de cinco a partir de Cauac nos devuelve a Kan que señala el quinto año y así sucesivamente. Los coeficientes 1-13 que corresponden a estos nombres de día de los portadores del año regresarán a uno por año, dado que $365 \div 13$ da un sobrante de 1. Así, los portadores de año completos para las cinco fechas consecutivas consideradas líneas arriba serían 1 Kan, 13 Muluc, 12 Ix, 11 Cauac, 10 Kan y así sucesivamente.



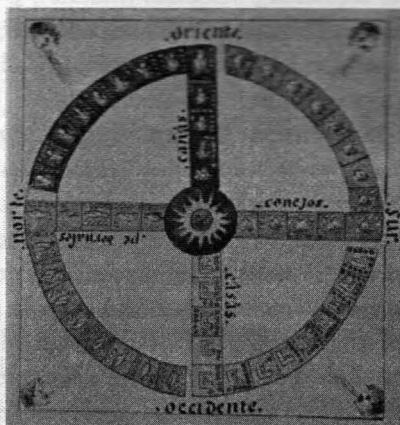
a



b



c



d

FIGURA 60. Selección de calendarios mesoamericanos cuatripartitas de antes y después de la Conquista: a) Libro de Chilam Balam de Kaua. Bowditch, 1910, figura 64, cortesía de Cambridge University Press; b) Códice Fejérváry-Mayer, y c) Códice de Madrid. (Cortesía de Akademische Druck-u Verlaganstalt, Graz.); d) Book of the Gods, Rites, and Ancient Calendar. (Durán, 1971, Lám. 35, © 1971, University of Oklahoma Press.)

Considerado tanto simbólica como funcionalmente, el rasgo esencial del cosmo-grama del *Fejérváry-Mayer* (figura 60b), que en gran parte contiene la misma información que el *Códice de Madrid*, es su organización como símbolo floral con dos series de cuatro pétalos: una “Cruz de Malta” con anchos pétalos trapezoidales y una “Cruz de San Andrés” o diseño floral que consiste de cuatro pétalos redondeados más pequeños puestos entre los pétalos trapezoidales de la Cruz de Malta. Un cuadro forma el centro del dibujo.

Los bordes de los pétalos están marcados con círculos cuyo total asciende a 260. La cuenta ritual se divide en ciclos de 20 nombres de días, contados en grupos de 13. El primer grupo de 13 empieza con 1 Cipactli (lagarto), cuyos dientes son visibles precisamente arriba de la esquina superior derecha del cuadro central. Desplazándonos en sentido opuesto a las manecillas del reloj a lo largo del borde procedemos a contar 12 puntos azules (que en la figura aparecen sobre fondo oscuro) para completar la cuenta de 13 en 1 Océlotl (jaguar). (El lector tal vez prefiera seguir la secuencia valiéndose del cuadro 15.) El ciclo siguiente pasa por la parte superior del diagrama, terminando en 1 Máxatl (venado) y así seguimos el esquema con cuentas de 13 que terminan en Xóchitl (flor), Ácatl (caña, cuyo símbolo aparece sobre un ave en la esquina superior izquierda), Miquiztli (muerte), Quiáhuitl (lluvia), Malinalli (hierba), Cóatl (serpiente), Técpatl (cuchillo de pedernal), Ozomatli (mono), Cuetzpallin (lagartija), Ollin (movimiento), Itzcuintli (perro), Calli (casa), Cozcacuauhtli (zopilote), Atl (agua), Ehécatl (viento), Cuauhtli (águila), Tochtli (conejo), para regresar finalmente a 1 Cipactli y cerrar la cuenta ritual. Como todos esos símbolos aparecen en los vértices del dibujo de la doble cruz, el ciclo de 260 días está hecho para incluir todos los demás asuntos astrológicos y calendáricos figurados en el cosmograma.

También tienen importancia calendárica los portadores de año, cada cual llevado por aves situadas en los bordes de la cruz floral. Ellos son Tochtli (conejo) en la parte superior derecha, Ácatl (caña) en la parte superior izquierda, Técpatl (cuchillo de pedernal) en la parte inferior izquierda y Calli (casa) en la parte inferior derecha; se les puede deducir valiéndose del esquema esbozado en la nota 17. En el espacio de la izquierda de cada símbolo aparecen grupos de los cinco nombres de día aliados a cada portador de año.

El cosmograma del *Fejérváry*, que aparece como una especie de prefacio instructivo o de orientación en la página 1 de ese código, se concentra en varias otras propiedades espaciales. Junto con sus colores asociados, las cinco regiones del mundo están encerradas en los cuatro brazos de la Cruz de Malta y en el centro: el este (rojo) se ve arriba, el oeste (azul) en el fondo, el norte (amarillo) a la izquierda y el sur (verde) a la derecha. Como en la figura 60a, el este se encuentra arriba y cuando el sol renace cada día ve el norte a su derecha, el sur a su izquierda; exactamente al frente está la

CUADRO 16. Información contenida en el calendario de la página 1 del Códice Fejérváry-Mayer

<i>Dirección</i>	<i>Pétalo</i>	<i>Portador del año</i>	<i>Días nombrados</i>	<i>Báculo</i>	<i>Parte del cuerpo</i>
Este	Superior izquierdo	Ácatl	Atl, Ollin, Cóatl, Ácatl, Cipactli	Planta de guacamaya	Mano
Norte	Inferior izquierdo	Técpatl	Ehécatl, Itzcuintli, Técpatl, Miquiztli, Océlotl	Árbol frutal	Pie
Oeste	Inferior derecho	Calli	Cuauhtli, Calli, Ozomatli, Quiáhuitl, Mázatl	Planta cactácea	Garganta
Sur	Superior derecho	Tochtli	Tochtli, Cozcacuauhtli, Malinalli, Cuetzpallin, Xóchitl	Planta de maíz	Cabeza
<i>Dirección</i>	<i>Árbol o planta</i>	<i>Fuente</i>	<i>Ave</i>	<i>Color</i>	<i>Tema ritual</i>
Este	Árbol azul o de turquesa	Sol	Quetzal	Rojo	Solar
Norte	Cacto	Incienso	Águila	Amarillo	Autosacrificio
Oeste	Maíz	Calavera	Ave de color azul	Azul	Mujer muerta
Sur	Cacao	Serpiente Tlaltecuhltli (dios de la tierra)	Loro	Verde	Tierra

región del oeste, en donde morirá cada noche.¹⁸ El Sol está representado por un disco dentado puesto en el brazo oriental de la Cruz de Malta, en tanto que el cráneo humano pende por debajo del cuadro central. Los cuatro brazos de la Cruz de San Andrés significan las cuatro casas del Sol en el cielo, dos en el este y dos en el oeste. Son los puntos cardinales que simbolizan los extremos a los que migrará el astro por el horizonte en el transcurso de un año.

Xiuh tecuhltli, dios del fuego celeste al que se ofrecían sacrificios de penitencia, se localiza en el centro. Está armado de dardos y de un *átlatl* (lanzadardos) y de él fluyen cuatro corrientes de sangre. Es el primero de los Nueve Señores de la Noche. Los ocho

¹⁸ A este respecto, véase la exposición contenida en "La filosofía mesoamericana de los números" (p. 181) y la nota 5 de ese capítulo.

señores restantes se representan dos por cada brazo de la Cruz de Malta de la manera siguiente:

Iztli (este, derecha) – cuchillo de pedernal
 Pilcintecuhltli (este, izquierda) – maíz tierno
 Cintéotl (sur, derecha) – maíz
 Mictlantecuhltli (sur, izquierda)
 Chalchihuitlicue (oeste, derecha) – falda de jade, agua (femenina)
 Tlazoltéotl (oeste, izquierda) – tierra, purificadora del alma (femenina)
 Tepeyóllotl (norte, derecha) – corazón del cerro
 Tláloc (norte, izquierda) – lluvia

En los pétalos de la Cruz de San Andrés se pueden encontrar elementos pertenecientes a los puntos cardinales. Entre ellos se incluyen una planta ritual en el interior y un ave representativa en la punta del pétalo. En el cosmograma del *Fejérváry* se tiene la impresión de que hay un lugar para todo y que todo está en su lugar. En el cuadro 16 se resume la gran cantidad de información derivada de esta sola página del *Códice Fejérváry-Mayer*.

Los lectores atentos encontrarán que la figura 60c, un calendario del *Códice de Madrid* (pp. 75-76), es casi una réplica de la figura 60b, aunque tenga origen en otro lugar. El *Códice de Madrid* fue escrito en Yucatán por la misma época del *Códice Fejérváry* mixteco del siglo xv y su calendario contiene mucha información semejante, lograda mediante el uso de la notación maya. Las correspondencias entre los dos cosmogramas da fe del uso de un calendario común al menos durante un tiempo en toda Mesoamérica.

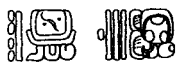
El calendario posterior a la Conquista de la figura 60d fue concebido para contar un solo ciclo de 52 años, dividido en cuatro grandes grupos de 13, en donde cada rama sale hacia un punto cardinal y luego vira para pasar a lo largo del horizonte. Los brazos que se abren al final del dibujo cruciforme forman un diseño semejante a una suástica. Los nombres de los días de Año Nuevo sucesivos del ciclo empiezan en la parte superior (este) con 1 Ácatl (caña), luego pasan a la izquierda de 2 Técpatl (pedernal es = cuchillo de pedernal), 3 Calli (casa), 4 Tochtlí (conejo), 5 Ácatl, 6 Técpatl, 7 Calli y así sucesivamente, abriéndose en espiral en sentido contrario a las manecillas del reloj. Como las caras europeas de la figura 60a, aquí los términos en español, junto con los cuatro vientos y el rostro del Sol, símbolos que recuerdan a los que se encuentran en textos del Renacimiento español, dan a los calendarios un aspecto sincrético.

A estos diagramas los he llamado “cosmogramas” porque reúnen diversos elementos de la naturaleza y de la condición humana, revelando así la *cosmovisión* mesoameri-

cana, la cosmología y la visión del mundo combinadas con las cosas mundanas.¹⁹ De especial interés para nosotros es el hecho de que muchos cosmogramas incorporan tanto el Tzol kin de 260 días como el año de 365 de base solar (en la forma de una cuenta de los días como en la incorporación del desplazamiento anual oscilatorio del astro a lo largo del horizonte). El tema parece ser la unificación de las dos cuentas, una correspondencia o adaptación de los ciclos del Tzol kin y el Haab. Desafortunadamente, poseemos poca información sobre el modo en que en realidad se llegó a esa unificación a partir de la observación del cielo. Sin embargo, parece ser la fuerza motriz de la conmensuración calendárica subyacente en todos los calendarios mesoamericanos. La unificación espacio-temporal también se ilustra en diagramas calendáricos mediante el uso de portadores de año para direcciones, la asignación de cada día nombrado a una zona del horizonte y la cuenta de 260 días a lo largo del perímetro del mundo. En fin, el desplazamiento opuesto a las manecillas del reloj, del este al norte, al oeste y al sur, también es característico de las asignaciones direccionales hechas en los almanaques y de los circuitos rituales que los peregrinos aún siguen hoy en día en visitas meticulosamente programadas a los adoratorios locales (B. Tedlock, 1982, p. 194).

CÓMO OPERA EL CALENDARIO

A fin de familiarizarnos mejor con la operación de la rueda calendárica y el modo de encontrar su vinculación con la Cuenta Larga, empezaremos con un ejemplo práctico. Supóngase que tenemos la fecha de rueda calendárica completa de 8 Chicchán 15 Tzec. Consultando nuestras dos ruedas calendáricas (o el cuadro 15), vemos que el día siguiente sería 9 Cimi 16 Tzec, que se escribe



Tras esta fecha seguiría 10 Manik 17 Tzec. Ahora bien, ¿dónde caería la siguiente fecha del 15 Tzec en el ciclo de 260 días? Contando 365 días después de 8 Chicchán, procedemos a una vuelta entera de la rueda calendárica de la figura 57 y nos quedamos con un residuo de 105 días. Encontrando 8 Chicchán en la rueda y avanzando 105 días llegamos a 9 Oc (numerado como 230), que es nuestra respuesta. Asimismo, la fecha posterior al 15 Tzec sería 10 Men; y la siguiente 11 Ahau. Así descubrimos un teorema sumamente útil en la calendárica maya: dada una posición en el ciclo de 260

¹⁹ Para un análisis completo de este término véase Broda, 1982.

días, en cada Haab sucesivo el número del día avanzará una unidad y la posición del día en 5. Esto ocurre porque 365 es divisible entre 13 con un residuo de 1 y entre 20 con un residuo de 5.

El Haab de 365 días es más corto que el año trópico o año estacional por 0.2422 días, lo cual significa que si el equinoccio de primavera cae en 0 Pop este año, dentro de cuatro caerá en 1 Pop y alrededor de 4 Uo 100 años después. Por consiguiente, la cuenta de los años mayas se desfazará gradualmente con respecto a las estaciones y completará una corrida completa a lo largo del año estacional en 29 ruedas calendáricas de 52 haabs, es decir, 1 508 años comunes (1 507 años trópico). No se sabe con certeza si los mayas reconocían este ciclo, aunque Lounsbury (1978, p. 807) lo considera muy factible y nosotros (Aveni y Calnek, 1999) creemos que también los aztecas pueden haberlo conocido. El registro calendárico que dejaron implica que los antiguos mesoamericanos se ocupaban sobre todo en llevar la cuenta de días transcurridos independientemente de las estaciones. Pero debemos ser cuidadosos en no concluir por ello que el calendario de Haab no tenía relación alguna con los fenómenos celestes. Como veremos adelante, pudiera haber algún nexo cósmico.

Dada esta nueva información, volvamos ahora a la Placa de Leyden (figura 55) y tomemos una fecha de serie inicial completa. Recordemos que los bloques glíficos de 2 a 6 daban la fecha de la Cuenta Larga 8.14.3.1.12.

El glifo 7 es reconocible como una forma modificada del glifo del día Eb (véase figura 56; las líneas arqueadas del ángulo superior derecho son un presente inerte). Este glifo va precedido por un solo punto, de suerte que la fecha debe leerse 1 Eb. El glifo A9 se parece a los glifos del mes de Yaxkin (figura 58); ningún número lo precede. Por tanto, la fecha de serie inicial completa debe ser 8.14.3.1.12 1 Eb 0 Yaxkín.

Valgámonos ahora de la fecha de serie inicial descifrada de la Placa de Leyden para derivar la posición que ocupa en la rueda calendárica la fecha cero de la Cuenta Larga maya "día de la creación".²⁰ Usando el cuadro 14 vemos que 8.14.3.1.12 representa 1 253 912 días transcurridos desde 0.0.0.0.0. Sabemos que el 1 de 1 Eb se repite cada décima tercera posición en la cuenta del número de días y que Eb se repite cada vigésima posición. Si dividimos 1 253 912 entre 13 obtenemos un residuo de 10; por tanto, al día cero debe habersele asignado el número que venía 10 dígitos antes del número 1 en la cuenta 13; ese número es el 4. Dividiendo 1 253 912 entre 20 obtenemos un residuo de 12. Contando hacia atrás 12 unidades a partir de Eb en el cuadro de 20 nombres de días llegamos a Ahau. Por tanto, el día cero en el ciclo de 260 días debe

²⁰ Las calculadoras son ideales tanto para este tipo de cálculos como para operaciones simples que habrán de hacerse posteriormente en este capítulo. Éstas se pueden programar fácilmente para efectuar cálculos aritméticos mayas; también está disponible una diversidad de paquetes para computadora (véase la bibliografía del final de este capítulo).

de haber sido 4 Ahau. Alternativamente, pudimos haber dividido 1 253 912 entre 260 (sobran 192) y usado la rueda calendárica de 260 días de la figura 57 para llegar a la misma respuesta.

¿Cuál era la posición del día cero en el Haab? Al dividir 1 253 912 entre 365 sobran 137 días. Si regresamos 137 días en la rueda del Haab de la figura 59, empezando en 0 Yaxkín, llegamos a 8 Cumku. Por consiguiente, el día 0.0.0.0.0 debe de haber sido 4 Ahau 8 Cumku en la rueda calendárica, fecha que vale la pena recordar, ya que nos da información que puede ayudar en el desciframiento de fechas incompletas o borrradas. Por ejemplo, supóngase que la fecha de Cuenta Larga 9.13.19.13.1 es la única parte de una serie inicial que se puede leer en algún monumento. Es muy fácil encontrar la posición en la rueda calendárica. Valiéndonos del cuadro 14 determinamos que el tiempo transcurrido a partir de cero son 1 396 701 días, cantidad que es divisible entre 260 con un residuo de 241 y entre 365 con un residuo de 211. Usando una vez más nuestras ruedas calendáricas de las figuras 57 y 59 contamos hacia delante a partir de 4 Ahau 8 Cumku y llegamos a 11 Imix 14 Yax, que es la posición correspondiente en la rueda calendárica.

Como un ejemplo más de la relación entre la Cuenta Larga y la rueda calendárica

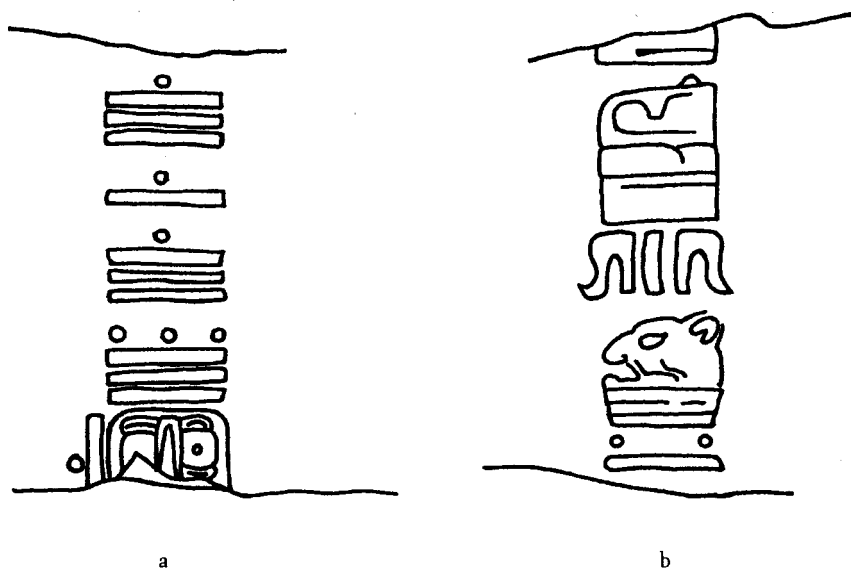
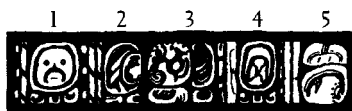


FIGURA 61. Cuenta Larga parcial e inscripción de rueda calendárica en la Estela 3 de Tres Zapotes: a) fragmento original; b) parte faltante recuperada. (Dibujo de Amanda Shero según Henderson, 1997, p. 9.)

y de la capacidad de nuestros cálculos, supongamos que leemos una fecha en que falta una parte de la Cuenta Larga. La figura 61a muestra un fragmento de la Estela C de Tres Zapotes, México. Este fragmento contiene las cuatro últimas posiciones de una Cuenta Larga que se leen como 16.6.16.18, junto con el fragmento de una fecha de Tzol kin que lleva el seis como coeficiente. El problema radica en encontrar valores consistentes de x , y en la inscripción $x.16.6.16.18.6.y$. El testimonio histórico nos dice que las posibilidades más seguras son $x = 8, 9$ o 10 , pero es fácil mostrar, valiéndose del método anterior, que ninguno de estos números da seis como coeficiente del nombre de día del Tzol kin. Pero si retrocedemos un dígito más al baktún 7 encontramos que 7.16.6.16.18 da $y = 7$ Etz'nab. Desde luego, ésta es una de las primeras inscripciones mayas y la exactitud del cálculo fue confirmada cuando, años después, el mar arrojó sobre la playa un fragmento con la parte faltante de la fecha, una barra y dos puntos (61b) (Sharer, 1983, p. 89).

Ya hemos visto que dada una fecha de Cuenta Larga sólo se puede determinar la posición en la rueda calendárica; sin embargo, lo contrario no es cierto porque gran número de fechas de Cuenta Larga podrían concordar con 4 Ahau 8 Cumku; a decir verdad, una de ellas se presenta cada 2.12.13.0 días. Con frecuencia, pero sobre todo a fines del Clásico Tardío, en las inscripciones sólo se registraron fechas de rueda calendárica. Por ejemplo, en la tapa del sarcófago de la tumba hallada bajo el Templo de las Inscripciones, en Palenque, leemos (Lounsbury, 1974):



Este bloque glífico se puede identificar como un par de fechas de rueda calendárica: 8 Ahau 13 Pop (1 y 2) y 6 Etz'nab 11 Yax (4 y 5).²¹ Estas fechas señalan el nacimiento y la muerte del Señor Escudo Pacal, ocupante del ataúd de piedra y otrora gobernante

²¹ Al parecer, los "puntos" exteriores de los bloques glíficos 4 y 5 son puramente decorativos.

CUADRO N2. *Comparación de edades de la Luna calculadas e inscritas para estelas de Copán*

Monumento	Fecha de Cuenta Larga	Edad de la Luna predicha mediante GMT
Estela 20	9.1.10.0.0	25(0)
E. J.* Fecha # 1	9.5.19.13.0	18(-7)
Estela 9	9.6.10.0.0	26(1)
E. J. Fecha # 3	9.7.5.0.8	7(5)
Estela 7	9.9.0.0.0	13(0)
Estela P	9.9.10.0.0	10(1)
E. J. Fecha # 5	9.9.14.17.5	23(0)

de Palenque. A partir de otros testimonios contenidos en las inscripciones de ese sitio, los epigrafistas descubrieron que las fechas de Cuenta Larga con mayor probabilidad de concordar con la rueda calendárica son 9.8.9.13.0 y 9.12.11.5.18. ¡Pacal debe de haber sido de constitución muy robusta para vivir 4.1.12.18 días! Desde luego, los antropólogos físicos han discutido esta conclusión acerca de los “hechos de la historia” consignados en esa famosa inscripción.²²

Hacia la época de la Conquista española, los mayas abreviaron aún más las fechas de la rueda calendárica. Entonces encontramos inscripciones como “termina el katún 1 Ahau”. Una información tan parca no permite saber de qué katún se habla. El abandono de la Cuenta Larga mucho antes de la llegada de los españoles al Nuevo Mundo complicó considerablemente la determinación de la fecha exacta de muchos monumentos. En esos casos debemos buscar fuentes y métodos alternativos para allegarnos

CUADRO N2. *Comparación de edades de la Luna calculadas e inscritas para estelas de Copán (concluye)*

Monumento	Fecha de Cuenta Larga	Edad de la Luna predicha mediante GMT
Estela 12	9.10.14.1.5	3(0)
Estela 23	9.10.18.12.8	4(-1)
Estela 3 (c)	9.10.19.5.0	7(-3)
Estela 3 (o)	9.10.19.5.11	18(-2)
Estela 10	9.10.19.13.0	23(0)
Estela 19	9.10.19.15.0	3(-1)
Estela 13	9.11.0.0.0	2(-3)
Altar Estela 5	9.11.15.0.0	27(-1)
Estela 1	9.11.15.14.0	12(0)
Estela I	9.12.3.14.0	0(0)
Altar H'	9.12.8.3.9	21(-1)
Estela 6	9.12.10.0.0	23(1)
Altar K	9.12.16.7.8	0(0)
Estela J	9.13.10.0.0	18(0)
Estela 5	9.13.15.1.0	6(-2)
E. J. Fecha # 10	9.13.18.17.9	28(1)
Estela A	9.14.19.8.0	16(1)
Estela D	9.15.5.0.0	9(0)
E. J. Fecha # 11	9.15.12.10.10	21(-3)
Estela M	9.16.5.0.0	3(-2)
Estela N	9.16.10.0.0	2(1)
Desviación estándar en días del valor glífico		2

*E. J. = Escalinata de los Jeroglíficos

²² Los antropólogos físicos que han examinado los huesos de Pacal lo ubican en sus cincuentas en el momento de su muerte. Esto plantea la interrogante de que el registro de las inscripciones diga o no la verdad histórica. Quien lo hace ha sido argumentado vigorosamente por Schele y Freidel (1990) y atacado casi tan vigorosamente por Marcus (1992, pp. 342-347).

la información cronológica que pueda corroborar una fecha epigráfica. Por ejemplo, cierta relación de uno de los *Libros de Chilam Balam* dice así: “Katún 8 Ahau: se despobló Mayapán” (Landa, 1941, p. 37n.). Mayapán, una capital posclásica del mundo maya, evidentemente sufrió la devastación total, como todavía lo refleja en la actualidad el estado de sus ruinas. Pero, ¿exactamente cuándo sobrevino tanto infortunio? Con base tanto en los estilos artísticos como en los testimonios etnohistóricos, sabemos que Mayapán fue fundada después de la caída de Chichén Itzá (alrededor de 1275 d.C. o 11.3.0.0.0 en maya). A decir verdad, es probable que el centro ceremonial se haya concebido como réplica de Chichén, dotado de un castillo e incluso de una torre redonda como El Caracol (véanse los detalles en el capítulo v). Como la Conquista se realizó alrededor de 11.15.0.0.0, la caída de Mayapán debe haber ocurrido entre los katunes 3 y 15 del baktún 11; por consiguiente, nuestra fecha debe ser una de la serie 11.3.0.0.0, 11.4.0.0.0, 11.5.0.0.0,...11.14.0.0.0. Es más, la anotación también nos dice que la posición correspondiente en el ciclo de 260 días debe ser 8 Ahau. Desde luego, todas las fechas de la Cuenta Larga mencionadas serán fechas de Ahau, puesto que la división entre 20 deja un remanente de cero.

Pero una simple clave nos permite escoger la única fecha correcta de la caída de la ciudad: la división de la Cuenta Larga entre 13 deja un sobrante de cuatro, puesto que cuatro días agregados a 4 Ahau dan el necesario 8 Ahau. La única posibilidad que encaja con este criterio es 11.12.0.0.0 (1441 d.C.). El año 1441 también se determina a partir de las obras de cronistas posteriores a la Conquista como Diego de Landa, Diego Cogolludo y otros. La gloria de Mayapán ciertamente fue breve y estuvo marcada por siglo y medio de guerra y disensión.

LA SERIE SUPLEMENTARIA Y EL MES SINÓDICO LUNAR

Hemos descifrado la mayor parte de la inscripción de la Placa de Leyden (figura 55) pero, ¿y el resto? El material remanente de las líneas 8-11 que sigue a la serie inicial se llama serie complementaria, con frecuencia llamada serie lunar de glifos, porque se limita casi completamente a información sobre la Luna. Los primeros ejemplos que se pueden documentar datan de alrededor de 200 d.C. Por lo expuesto en el capítulo II sobre las propiedades astronómicas de la Luna ya hemos visto que el desplazamiento del satélite es irregular y, consecuentemente, difícil de predecir. Tanta más razón para que los astrónomos antiguos dedicaran considerables esfuerzos a entender cómo cruzaba el cielo su diosa femenina más importante. Para complicar más el desciframiento, los glifos de la serie suplementaria también muestran diversas variantes. Adelante se informa brevemente sobre el significado de cada uno de ellos, mientras en las

figuras 62 y 63 se muestran algunas de sus formas representativas. Al final de este capítulo se hace referencia a catálogos en que se dan diversas formas de esos glifos. Para una presentación más detallada véase Davoust, 1992.

Glifo G (figura 62). Este glifo decididamente no es lunar sino que cada una de sus nueve formas representa a uno de los Nueve Señores de la Noche. Son estos señores patronos que se suceden en un ciclo interminable, en el que cada uno gobierna durante una noche. Como hemos visto con anterioridad, la historia azteca ha guardado sus nombres en la mitología del Altiplano Central. Algunos traen buena y otros mala suerte para la noche en que rigen. El sistema de alternancia de dioses buenos y malos que gobiernan en periodos de tiempo específicos es similar al antiguo sistema astrológico babilonio en que alternaban dioses planetarios buenos y malos que regían en horas sucesivas del día y de la noche.

En la Placa de Leyden (figura 55), bloque A8, el señor que gobierna es el número 5, como puede verse comparando ese bloque con las formas del glifo G5 que se muestran en la figura 62. Es el señor que rigió la noche del 8.14.3.1.12 de la Cuenta

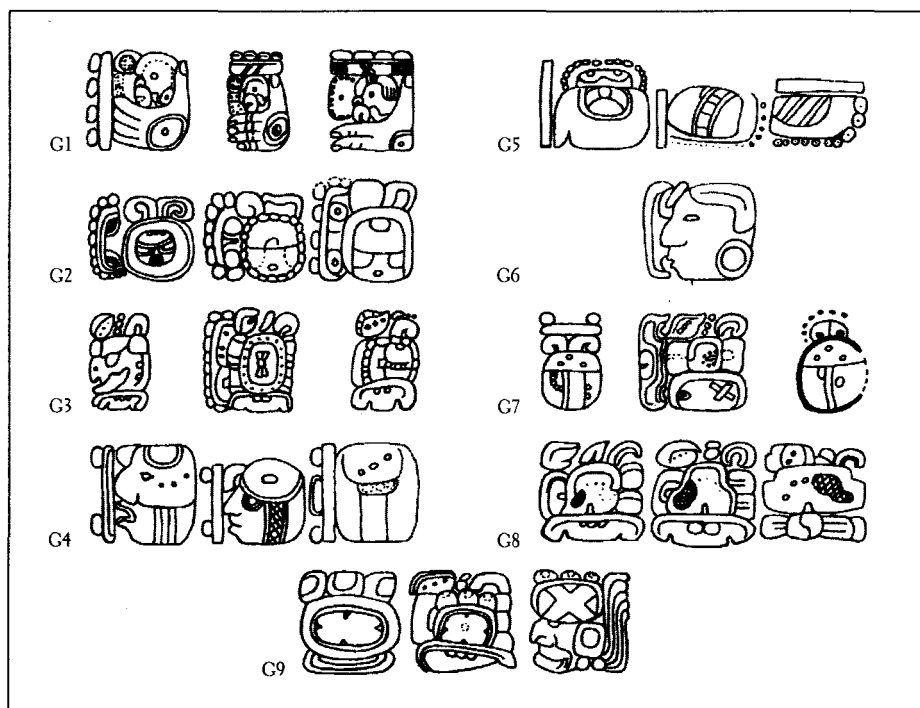


FIGURA 62. Glifos que representan a los Señores de la Noche. (Dibujo de P. Dunham.)

Larga.²³ La noche del 8.14.3.1.13 lo habría hecho el señor número 6, simbolizado por el glifo G6. El glifo G5 volvería a aparecer el 8.14.3.2.1 y, de nuevo, el 8.14.3.2.10, o sea cada nueve días. Un camino más corto para determinar el Señor de la Noche imperante consiste en dividir la suma de las dos posiciones inferiores de la fecha de la Cuenta Larga entre nueve. Lo que resta es el número del Señor que gobierna. Por ejemplo, en el caso de la Placa de Leyden, tenemos que 1.12 o sea $32 \div 9 = 3$ con un restante de 5, lo cual predice la forma 5 del glifo G. Si no hay sobrante, entonces el gobernante es el Señor del número 9. Es éste el Señor que se encuentra con mayor frecuencia en las inscripciones, dado que rige en fechas terminales de tun y de katún, cuyos aniversarios con frecuencia se registran en las inscripciones.

Glifos D y E (figura 63). Estos glifos se usan para indicar la edad de la Luna contada a partir de la Luna nueva anterior, en la fecha de la Cuenta Larga señalada. El glifo D es un compuesto que habitualmente consiste de una mano cuyo dedo índice señala a la derecha (los campesinos guatemaltecos contemporáneos recurren a tipos de ademanes similares para indicar las fases de la Luna); véase la figura 51c y/o un signo de media Luna con tres puntos dispuestos verticalmente. El glifo aparece con coeficientes del 0 al 19 y significa que la edad de la Luna es menor de 20 días. El glifo E, habitualmente un solo elemento en forma de media Luna estilizada, lleva coeficientes de 0 a 9 y significa que la edad del satélite pasa de 20 días por un número igual al coeficiente que lo acompaña. Cuando D y E aparecen sin coeficientes indican Luna nueva. De ese modo,



u 8D significa que la edad de la Luna es de ocho días, en tanto que,



o 3E implica una Luna de 23 días de edad. Estos signos pueden representar un registro real de edades de la Luna observadas, si no precisamente calculadas, pues en muchos casos concuerdan por un margen de uno o dos días con la edad del satélite determinada mediante cálculos astronómicos modernos, que coinciden con la fecha de la Cuenta Larga adjunta (véase apéndice B).²⁴

²³ No está claro si el señor presidía la noche que antecedió o la que seguía a la fecha de la Cuenta Larga, pero la respuesta dependería de la hora en que empezaba el día maya, y nosotros no tenemos datos al respecto.

²⁴ Por ejemplo, probemos una muestra de fechas de la Cuenta Larga de Copán (cuadro N2, columna 2) para ver cómo se compara la edad de la Luna predicha por los glifos D y E (columna 3) con la edad real del

Glifo C (figura 63). Por su forma este glifo es similar al D, con una mano a la izquierda, una media Luna a la derecha y con frecuencia una pequeña cabeza en el ángulo superior izquierdo. Con él se cuenta el número de determinada lunación en un ciclo completo de seis lunas (177 días) o “semestre lunar”. Nuestra exposición sobre eclipses del capítulo III sugiere que el glifo C habría sido de gran importancia para los astrónomos mayas en cálculos al respecto. En los códices encontraremos testimonios de que la cuenta de seis lunas se usaba precisamente con ese propósito. Cuando aparece el glifo C, el coeficiente que lo acompaña casi siempre es 2 o 6. Si no hay coeficiente, entonces se indica la primera Luna del ciclo. De ese modo, 4C 8D significa ocho días después de la cuarta Luna nueva de un ciclo de seis. Aún está a discusión si esto se refiere a lunaciones en curso o a lunas transcurridas. Hay ciertos indicios de que en el llamado Periodo de Independencia (alrededor de 9.5.0.0.0 a 9.12.0.0.0) se seguían diversos sistemas de numeración lunares entre ciudades mayas, uno de los cuales designaba a cierta Luna como quinta de un ciclo, mientras que otro la consideraba sólo la cuarta. Las ciudades incluso pueden haber competido entre sí tratando de influir para que sus vecinos adoptaran su propia cuenta lunar determinada.

Glifo X (figura 63). Este glifo posee numerosas formas que cambian de acuerdo con el coeficiente del glifo C. Por ejemplo, cuando el coeficiente de C es tres, el glifo X tiene forma de piernas cruzadas. Linden (1986) ha demostrado que X registra posiciones en un calendario lunar de 18 meses que consiste de tres periodos lunares de seis meses.

Glifo B (figura 63). Este glifo sólo exhibe unas cuantas variantes: habitualmente un signo de cielo en forma de codo o una cabeza animal (¿de perro?). Tal vez se refiera a la casa o a la constelación celeste en que moraba la Luna.

Glifo A (figura 63). Como este glifo lunar siempre va acompañado de un coeficiente de 10 o 9, se ha considerado que indica si la lunación a que se alude tenía una duración de 29 o 30 días. Bien podría esperarse que los mayas, quienes suprimían números fraccionarios, registraran de ese modo los periodos sinódicos lunares. Como el periodo sinódico de la Luna es de $29\frac{1}{2}$ días, habrá tres lunas de 29 días y tres de 30 si en cada ciclo se usaran sólo números enteros. Cuando el glifo C tiene un coeficiente impar, el glifo A habitualmente muestra 30 días y cuando el coeficiente de C es par, A muestra 29 días. Esta regularidad sugiere que se está registrando la longitud de la lunación en curso.

satélite contada a partir de la Luna nueva. La edad real de la Luna se obtiene usando el método del apéndice B para convertir fechas mayas a cristianas. La diferencia entre la edad real de la Luna predicha se muestra entre paréntesis en la columna 3 del cuadro.

Si bien es claro que algunos datos no concuerdan (por ejemplo la segunda y la cuarta entradas), la desviación estándar tabulada en la parte baja del cuadro verifica de manera convincente la hipótesis de que el amanuense maya registraba (a la manera de los astrónomos occidentales) la edad de la Luna correspondiente a la Cuenta Larga.

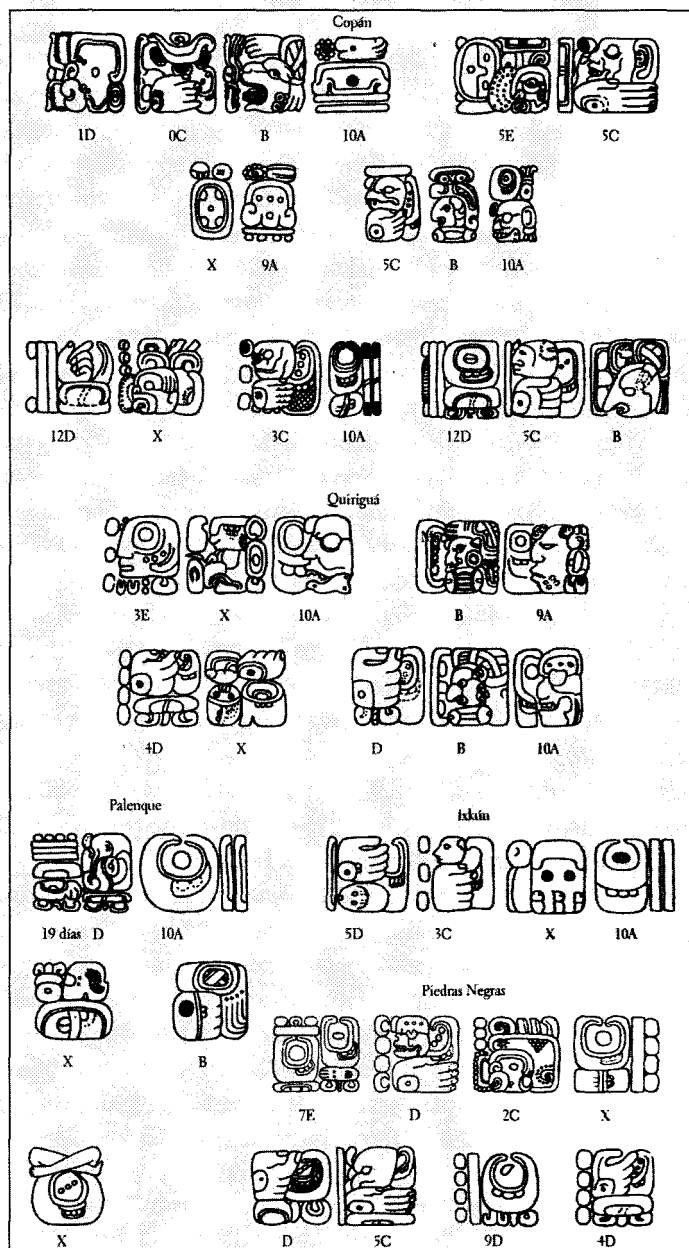


FIGURA 63. Una muestra de inscripciones de la serie suplementaria, tomadas de monumentos de diversas ruinas mayas. (Diagrama de P. Dunham.)

Otros glifos de la serie suplementaria podrían vincularse a los Señores de la Noche (Yasugi y Saito, 1991). La aparición de todos ellos es rara y poco se sabe de los detalles de su funcionamiento.

Invito al lector a resumir la exposición sobre elementos básicos de una fecha maya interpretando las inscripciones calendáricas que se muestran en la figura 64. Para identificar cada componente de una fecha dada, puede usted usar las formas glíficas que aparecen en las figuras 56, 58, 62 y 63. También resulta instructivo calcular si la rueda calendárica y la serie suplementaria registradas concuerdan con la Cuenta Larga que hemos tabulado. Las soluciones correctas se dan en los pies de foto.

Mediante una combinación de observaciones visuales meticulosas y una laboriosa contabilidad en estelas y manuscritos, los mayas fueron capaces de determinar con notable exactitud ciertos periodos astronómicos fundamentales. Entre ellos se cuentan el mes sinódico lunar, la longitud del año trópico y ciertos ciclos de eclipses. Mas, ¿cómo se lograron realmente esas hazañas? A medida que respondemos a esta pregunta, el contenido informativo de los glifos astronómicos mayas empieza a cobrar mayor importancia.

La parte de la serie suplementaria de una fecha maya sugiere que las fases de la Luna tenían particular importancia para los cronologistas. No sabemos con seguridad si contaban las lunaciones a partir de la Luna llena o del momento en que la delgada fase creciente aparecía por el occidente después del ocaso (probablemente sea lo segundo);²⁵ pero ciertamente la exactitud que los mayas lograron en la determinación del periodo sinódico lunar debe atribuirse a un largo proceso de obtención de promedios. Por ejemplo, supóngase que el 25 de enero de este año hay Luna llena y que observe la Luna llena siguiente el 24 de febrero. A partir de dos observaciones simples puedo decir que he determinado que el periodo sinódico lunar es de 30 días. Pero quienquiera que haya observado la Luna llena comprenderá que el instante preciso de la fase completa no se puede determinar con exactitud mediante la observación visual. Incluso un telescopio sirve de poco al respecto. Otro observador que concordara con mi primera observación podría decir que la segunda Luna se acercó más a la fase completa el 23 de febrero. Su determinación del periodo de lunación daría por resultado 29 días, igualmente distante que la mía del periodo real.

Supongamos ahora que se lleva una cuenta de días junto con un registro de lunas llenas y que al año siguiente por la misma época encuentro que la décima segunda Luna llena de la serie se produce el 13 de enero. Como esa fecha cae 353 días después de la primera observación, basándome en una docena de observaciones a lo largo de

²⁵ Satterthwaite (1947, pp. 86-106) ha hecho un estudio completo de los factores lunares, considerando a algunos más seriamente que a otros (a la cuenta de 81 meses con menos convicción). En esta exposición no trato de evaluar la mirada de factores lunares que han propuesto los investigadores. Mi intención sólo es demostrar que valiéndose de alguna técnica de agrupamiento lunar se puede determinar la duración del mes sinódico y predecir eclipses.

un año, concluiría que el periodo de lunación es de $353 \text{ días} \div 12 \text{ lunaciones}$; o sea, 29.417 días por lunación. Mi amigo podría registrar la Luna llena número 12 el 14 de enero. Por consiguiente, ese resultado arroja $354 \text{ días} \div 12 \text{ lunaciones}$, es decir, 19.500 días para ese periodo. Ambas respuestas se hallan muy cerca de 29.53059 días, periodo real medido por los astrónomos modernos que trazan cuidadosamente el movimiento de la Luna. Una base temporal de observación más prolongada produciría resultados más exactos. Al punto podemos apreciar la importancia del glifo A en la determinación de la longitud del mes sinódico durante un periodo de tiempo prolongado.

En Palenque varias fechas completas, entre ellas una de la Cuenta Larga y un dato lunar procedente de una serie suplementaria, se vinculan entre sí mediante la fórmula $81 \text{ lunas} = 6.11.12$, lo cual da un periodo lunar de 29.53086, que se sitúa dentro de un margen de un milésimo de 1% del valor moderno: ¡un error de 23 segundos por lunación! Desde luego, este resultado escrito en decimales de día representa nuestra propia manera de expresar la precisión. Los mayas obtuvieron lo mismo promediando el tiempo; esto es, desarrollando fórmulas confiables para predecir una Luna nueva o una Luna llena. Los mayas ciertamente *no* calculaban lunaciones individuales con margen de unos cuantos segundos.

En Copán se usaba la ecuación lunar $149 \text{ lunas} = 12.4.0$, con un resultado ligeramente menos exacto: una lunación = 29.53020 días. Este último sistema estuvo vigente mucho tiempo después de 9.13.0.0.0 (llamado Periodo de Uniformidad en el cómputo de lunaciones) en una extensa región de alrededor de Copán, lo cual sugiere decididamente que esa ciudad, considerada uno de los grandes centros intelectuales del mundo maya, ejercía una fuerte influencia en el modo de calcular y registrar fechas en los centros vecinos. Anteriormente, en el Periodo de Independencia (antes de 9.12.0.0.0), al parecer cada ciudad llevaba su propio calendario lunar. Con posterioridad, en el Periodo de Rebelión (después de 9.16.0.0.0), algunas ciudades volvieron misteriosamente a la fórmula lunar de Palenque, lo que tal vez sugiera una fuerte competencia entre ambos centros. John Justeson (1989, pp. 85-91) ha estudiado a fondo otras fórmulas lunares que pudieran haberse usado.

Que el calendario lunar estaba acoplado al año trópico queda indicado por un examen de los coeficientes del glifo C. Durante el periodo de Uniformidad, esos coeficientes son predecibles para cualquier centro maya que haya adoptado el sistema; esto es, los astrónomos parecen haber probado grupos de seis lunaciones que cayeran en posiciones específicas del calendario anual en todo el territorio maya. Al parecer, el sistema desapareció hacia 9.16.5.0.0 cuando Copán empezó a introducir algún ocasional ciclo de cinco lunas (148 días) en el calendario lunar. Como hemos de ver, ese tipo de notación es idéntico al empleado en las tablas de eclipses del *Códice de Dresde* e indica que una vez más llevaban la batuta los astrónomos de Copán.

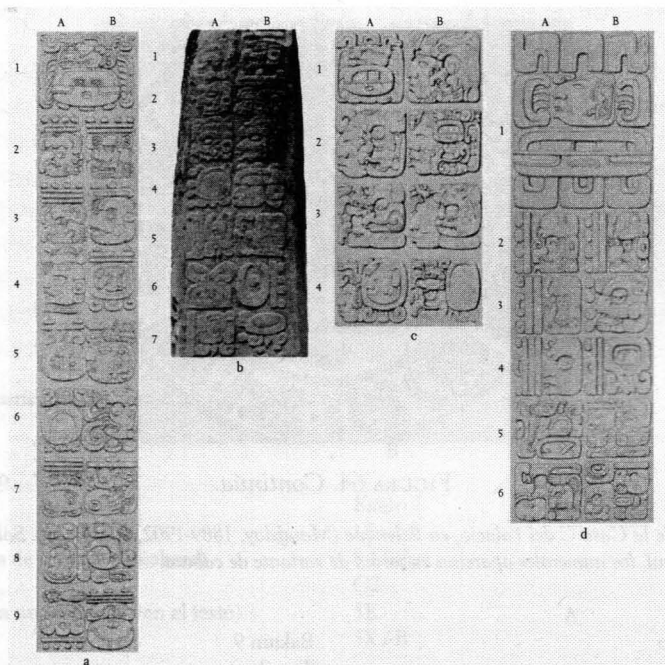


FIGURA 64. Una variedad de estelas esculpidas con ejemplos de asuntos calendáricos.

a) Parte de la Estela A de Copán. (Maudslay, 1889-1902, I, lám. 30.)

A

1. Glifo introductorio
2. Baktún 9 (nótese la barra estilizada)
3. Tun 19
4. Kin 0
5. Señor de la Noche G7
6. No astronómico (parte de la cuenta de 819 días)
7. 15D; la edad de la Luna es de 15 días
8. X 6a; ésta es la 6ª Luna en el ciclo de 18 meses
9. 9A; esta lunación tiene una duración de 29 días

B

- Katún 14
- Uinal 8 (nótese la barra estilizada)
- 12 Ahau
- No astronómico
- No astronómico
- 6C; es la sexta Luna del ciclo en curso
- B; ¿la casa celeste en que mora esta Luna se llama?
- 18 Cumku

b) Parte de la Estela 3 de Tikal.

A

1. Introducción (borrada en parte)
2. Katún 2
3. Uinal 0
4. 4 Ahau
5. 17D
6. X4; ésta es la 4ª Luna del ciclo de 18 meses
7. 13 Kayab

B

- Baktún 9
- Tun 13
- Kin 0
- Señor de la Noche G9
- B
- 9A
- No calendárico



FIGURA 64. Continúa.

c) Escalinata de la Casa C del Palacio, en Palenque (Maudslay, 1889-1902, 4, lám. 23). Sólo se muestra la serie inicial. Aquí, los numerales aparecen en forma de variante de cabeza.

A	B
1. Introductorio	Baktún 9
2. Katún 8	Tun 9
3. Uinal 13	Kin 0
4. 8 Ahau	13 Pop

d) Estela E (lado oeste Quiriguá [Maudslay, 1889-1902, 2, lám. 31]).

A	B
1. Introductorio	
2. Baktún 9	Katún 14
3. Tun 12*	Uinal 4
4. Kin 17	12 Cabán
5. G7 (modificado por otro glifo arriba a la derecha)	7D 3C (sólo la parte superior)
6. XB	10A (numeral de variante de cabeza, sólo el lado izquierdo)

e) Marcador de juego de pelota, Chinkultic (de una copa de molde de Nicolette, 1971).

En el sentido de las manecillas de reloj, desde arriba:

1. Introductorio	7.11 Ix
2. Baktún 9	8. G2
3. Katún 7	9. No identificado
4. Tun 17	10. 7 Zotz
5. Uinal 12	11. 4E (numeral con forma de variante cabeza)
6. Kin 14	12. No identificado

* El amanuense cometió un error. Como lo puede demostrar el lector, la Cuenta Larga no concuerda con la posición de la rueda calendárica dada. La entrada que se quería probablemente era 13, esto es, se omitió un punto.

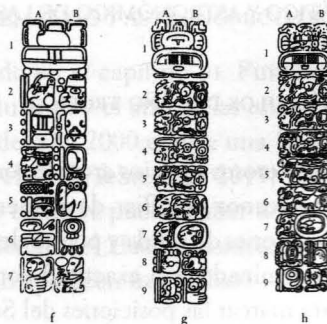


FIGURA 64. Concluye.

f) Dintel de la serie inicial, Chichén Itzá (Morley, 1915, fig. 75b).

A	B
1. Introductorio	
2. Baktún 10	Katún 2
3. Tun 9	Uinal 1
4. Kin 9 (forma de variante de cabeza)	9 Muluc
5. 7 Zac	G2
6. F (forma rara no examinada en el texto)	5E
7. 5C	5X / B

g) Templo de la Cruz Foliada, Palenque (Morley, 1915, lám. 12a). Como en la figura 40b, esta fecha debe referirse a cierto acaecimiento en un pasado sumamente remoto (Bakún 1).

A	B
1. Introductorio	
2.	Baktún 1
3.	Katún 18
4.	Tun 5
5.	Uinal 4
6.	Kin 0
7.	1 Ahau
8. 13 Mac	G8
9. 10D	5C

h) Templo del Sol, Palenque (Morley, 1915, lám. 12b).

A	B
1. Introductorio	
2.	Baktún 1
3.	Katún 18
4.	Tun 5
5.	Uinal 3
6.	Kin 6
7.	13 Cimí
8. G3	19 Ceh
9. 8E	No calendárico

CÁLCULOS DEL AÑO TRÓPICO

En el capítulo v se presentan numerosos indicios arquitectónicos que sugieren el interés de los astrónomos mesoamericanos por fijar de manera permanente, en fechas calendáricas particulares, las posiciones de salida y puesta del Sol. Sabemos que la longitud del año pudo haberse determinado con exactitud considerable valiéndose únicamente de un par de varas para marcar las posiciones del Sol en el horizonte. Pero el calendario se ha definido como una máquina del tiempo que indiscriminadamente adelanta una fecha a la vez en progresión interminable. Ciertamente es que el Haab maya resulta una cercana aproximación del año de las estaciones, pero el deslizamiento entre ambos es muy grande y asciende a alrededor de la cuarta parte de un día al año. De ese modo, si el día de Navidad, definido por una posición particular del Sol en el horizonte, cae en 12 Kayab durante el año en curso, cuatro años después caerá en 13 Kayab y en 14 Kayab al cabo de ocho años. Si, por otra parte, siempre identifico la Navidad con 12 Kayab, luego de unos cuantos siglos estaré obligado a celebrarla en una estación del año distinta. Una “blanca Navidad” sería cosa del pasado. En 15 siglos la Navidad habría recorrido todo el año trópico, para regresar una vez más a mediados del invierno.

Para el espíritu occidental parece extraño que los mayas, tan apegados a los periodos astronómicos, dejaran de registrar el año trópico de $365\frac{1}{4}$ días, en vez de preferir el Haab de 365, que se antoja tan discordante de las leyes de la naturaleza. Nos encontramos ante un excelente ejemplo de etnocentrismo calendárico: nuestra fijación con el calendario de base solar, instalado en nuestro calendario occidental durante las primeras etapas del Imperio romano, plantea la interrogante de que otras culturas contemplaran mecanismos de año bisiesto. Se han presentado pocos testimonios sólidos que sugieran que algún calendario nativo americano haya tenido alguna vez un año bisiesto, aunque, valiéndose de la bibliografía colonial maya, Bolles (1988) haya reunido argumentos interesantes examinando la estabilidad del uinal en las estaciones. (Para una discusión detallada del problema véase también Edmonson, 1988, pp. 107-109.)

Al margen del espinoso asunto del año bisiesto, ¿hay algún testimonio calendárico que sugiera que los mayas se interesaban por el año trópico? Según Teeple (1930), puede haberse empleado una cuenta lunar para seguir de cerca el año trópico. Una posible solución deriva de la lectura de fechas tanto de las estelas de Copán como del *Códice de Dresde*. En algunos lugares encontramos fechas de la Cuenta Larga separadas por 19.5.0 o 6940 días. Por computación moderna 19 años trópico equivalen a 6939.6 días. Pero lo más importante es que sean iguales a 235 lunaciones. Éste es el llamado

ciclo metónico mencionado en el capítulo III. Funcionaba para establecer la correspondencia entre las fases lunares y el año de las estaciones. Este ciclo nos dice que si en el día de san Valentín del año 2000 ocurre una Luna nueva, podemos esperar que una Luna nueva se repita el 14 de febrero de 2019, 19 años trópico después.

Para dar un ejemplo de cómo se puede haber usado la cuenta lunar para seguir la posición del año trópico dentro del Haab consideremos el argumento de Teeple:

En la Estela A de Copán aparecen tres fechas:

- a) 9.14.19.8.0 12 Ahau 18 Cumku
- b) 9.15.0.0.0 4 Ahau 13 Yax
- c) 9.14.19.5.0 4 Ahau 18 Muan

Sin duda, *b*) es la fecha más importante de la estela puesto que establece el fin de un katún, acaecimiento importante para el encargado de la cuenta de los días mayas. La fecha *c*) cae 19.5.0 después del principio del katún y sugiere que en el cálculo se usó una cuenta lunar. ¿Qué pasa entonces con la fecha *a*)? Ésta cae 200 días antes de la fecha de terminación del katún, pero, ¿cuál es su importancia calendárica? El adelanto del año trópico de 365.2422 días con respecto al Haab de 365 resulta ser de dos ciclos completos con un sobrante de 200 días contados de la fecha cero a 9.15.0.0.0.²⁶ Al parecer, además de expresar información histórica, los mayas también pueden haber deseado informar cuánto se adelantaba el año trópico al Haab.

²⁶ Según Teeple (1930), el razonamiento seguido en los cálculos probablemente procedió como sigue: el katún 15 rebasa ligeramente los 3 844 años trópico de la fecha cero, lo cual se puede expresar como 202×19 años + 6 años o 202×235 meses sinódicos + 6 años. De acuerdo con el indicio de que se usaba una cuenta de fases lunares para seguir el desarrollo del año trópico, podemos convertir 202×235 lunas = 47 470 lunas en días valiéndonos de la fórmula lunar de Copán (149 lunas = 4 400 días). De ese modo, 202×235 lunas = 1 401 799 días. Agregando 6 haabs contados por días llegamos a 1 403 990, que los mayas considerarían como la fecha 9.14.19.17.10 7 Oc 3 Yax. Así, el astrónomo habría descubierto que mediante 9.15.0.0.0 la fecha de la rueda calendárica cero original de 4 Ahau 8 Cumku se ha desplazado por el calendario del Haab 930 días (931, según nuestros cálculos) o dos veces 365 días más 200 días transcurridos del tercer ciclo (dado que 3 Yax cae 200 días después de 8 Cumku). Como el katún 15 termina el 13 Yax, el astrónomo pregunta luego: ¿De qué posición de mes del calendario el día del punto cero será aniversario 13 Yax? Y contando 200 días hacia atrás a partir de 13 Yax encuentra que el resultado es 8 Cumku. Así,

$$\begin{array}{r} 9.15.0.0.0 \quad 4 \text{ Ahau } 13 \text{ Yax} \\ - \quad 10.0 \\ \hline 9.14.19.8.0 \quad 12 \text{ Ahau } 8 \text{ Cumku,} \end{array}$$

que es la fecha *a*) de la estela. Similarmente, en la Escalera de los Jeroglíficos de Copán vemos que en 9.16.12.5.17 el año trópico había avanzado 208 días desde 10 Mol a 18 Cumku, habiéndose seleccionado este último porque con él terminaba el katún 17. De tal suerte, los mayas parecían plantear la pregunta: ¿Qué día era en el punto cero de nuestro calendario donde se halla ahora 18 Cumku? La respuesta es 10 Mol en 9.16.12.5.17.

Aunque el señalamiento de Teeple pueda ser mera coincidencia, de estar él en lo correcto, entonces la manera en que los mayas seguían el rastro del año trópico dentro del Haab es similar a nuestro método de agregar años bisiestos a nuestro calendario a fin de mantenerlo en fase con las estaciones. Las observaciones para determinar el año trópico deben de haber sido muy exactas, pues dan un resultado sumamente notable para su longitud. Por ejemplo, en palabras nuestras, los mayas sabían del adelanto de 930 días del año trópico respecto al Haab hacia 9.14.19.8.0 después del punto cero. En otras palabras, al cabo de 1 404 000 días (= 3.846.0273 haabs) determinaron que el año trópico se hallaba 930 días (= 2.5479 haabs) delante de la cuenta del Haab. Lo cual se puede expresar mediante la ecuación

$$(3\,856.0273 + 2.5479) \text{ haabs} = 3\,846.0273 \text{ años trópico},$$

o un año trópico = 1.0007 haabs = 365.2550 días, una diferencia de menos de 20 minutos respecto a nuestros cálculos modernos.

En Copán otros cálculos similares llevados a un mayor número de lugares importantes revelan un año trópico maya de 365.2420 días. Este resultado se acerca más al año trópico de 365.2422 días reconocido actualmente (incorrecto por alrededor de un día en 5 000 años) que el calendario juliano usado en el mundo occidental por aquel entonces y se le acerca tanto como nuestro moderno sistema calendárico gregoriano, cuyo principio data de 1000 años después de que los mayas realizaran sus cálculos. Como en los cálculos lunares examinados con anterioridad, los mayas no calculaban el año hasta fracciones de una hora; también esos resultados se lograron promediando el tiempo y de seguro nunca se expresaron como fracciones decimales de un año.

Uno de los cálculos del año trópico más sugestivos se encuentra en las fechas registradas en los Templos de la Cruz, de la Cruz Foliada y del Sol en Palenque. Allí encontramos una serie de fechas conspicuas que se centran en el principio de la época maya entonces en curso y otro grupo que lo hace en la fecha de la Cuenta Larga 1.18.5.0.0 (véanse figuras 64g y 64h). Una y otra van separadas por 755 años, periodo durante el cual una posición en el año trópico habría avanzado la mitad del Haab. Contadas a partir de bases establecidas, otras fechas inscritas en estelas de Copán, Palenque, Tikal y Quiriguá muestran intervalos de una cuarta parte, un medio y tres cuartas partes de año trópico, pero con tantas fechas por combinar los críticos han señalado que es difícil saber hasta qué punto interviene la coincidencia. Por lo demás, la compilación de fechas inscritas hecha por Kelley y Kerr (1974), en que hay 20 posiciones de año trópico entre 92 registros sigue siendo apremiante.

Justo es señalar que, desde los años treinta, fue puesta en duda la detallada interpretación de los cálculos del año trópico maya hecha por Teeple (véase, por ejemplo, Thomp-

son, 1950, apéndice V); sin embargo, actualmente se acepta en general que los mayas emplearon algún tipo de cálculos del año trópico como los indicados con anterioridad. La tendencia del contraargumento propone la idea de que muchos de los acaecimientos registrados en las estelas son de origen histórico y no puramente astronómico. En Palenque se han encontrado secuencias dinásticas. Por consiguiente, una parte considerable de la información que incluye fechas calendáricas puede referirse a fechas de nacimiento, ascenso y muerte de los gobernantes si no es que a conquistas o pactos. Por ejemplo, Schele y Mathews (1998, pp. 158-161) han presentado sólidos testimonios de que la inscripción de la Estela A se refiere a una dedicatoria ritual y a la colocación de una ofrenda, y de que ese monumento pertenece a un grupo de estelas que tratan de acontecimientos seminales en la vida del gobernante 18 Conejo. Al mismo tiempo, Schele y otros investigadores han demostrado que, al escribir su historia, los mayas alteraban ciertos hechos importantes a fin de forzar la cronología de los acaecimientos humanos para hacerlos coincidir con los fenómenos astronómicos. De ese modo, el ascenso de un gobernante al trono o una declaración de guerra se podían disponer para un momento favorable. Dada la concepción maya de la astronomía como el estudio de la interacción entre dioses celestiales cuyas actividades influían grandemente en los asuntos humanos, ese tipo de comportamiento no debería sorprender en absoluto. Los recientes adelantos en el desciframiento y las interpretaciones de los jeroglíficos, particularmente los textos de las inscripciones grabadas en los monumentos, han agregado a los estudios mayas una nueva dimensión que incluye tanto el enfoque astronómico como el histórico.

FENÓMENOS PLANETARIOS EN LAS INSCRIPCIONES MONUMENTALES

Examinando las posibles coincidencias entre fechas históricas y ciertos aspectos de los ciclos planetarios sinódicos se ha llegado a gran parte del testimonio monumental perteneciente a la observación de los planetas. En la última generación dos pasos han conducido a una profusión de estudios astronómicos: primero, los claros adelantos en el contenido y el significado de las inscripciones monumentales y, segundo, el advenimiento de la computadora personal con su secuela de paquetes de astronomía. Juntos hacen del juego de buscar parámetros astronómicos que pudieran corresponder a las fechas de los monumentos una especie de diversión peligrosa. La diversión acompaña al descubrimiento percibido de la correspondencia entre hechos escritos y hechos reales. El peligro radica en la tendencia de esa metodología a disociar la experiencia personal de la naturaleza del teatro abstracto de las artes matemáticas.

En 1994 el que esto escribe y Hotaling realizamos un estudio del grado en que las fechas monumentales supuestamente aplicables a fenómenos celestes corresponden en verdad a la realidad astronómica (la base de datos completa se da en el cuadro 1 de esa referencia bibliográfica). Entre nuestros datos de inscripciones se incluyeron sólo aquellas fechas acompañadas de iconografía o jeroglíficos con la mayor probabilidad apriorística de estar vinculadas a observaciones astronómicas reales. Esas referencias consistían de *a)* un marbete glífico lingüístico asociado a la fecha: los llamados fenómenos estelares vinculados a alguna forma del glifo de Venus, al que también se denomina “verbo estelar” (véase figura 67*a*); *b)* el glifo (Ah) Tsul Ahaw, que Closs (1992) lee como el título de una deidad del planeta Venus, y *c)* el complejo iconográfico “Tláloc” desangrado, que a veces se traslapa con el verbo estelar y quizás se refiera a ritos pertenecientes a la conducción de la guerra (véase adelante). El principal elemento iconográfico consiste de un atuendo bélico y de equipos hechos de una fusión de imagerie de estilos teotihuacano y maya.

El resultado principal de nuestro estudio estadístico fue que hay algunas correlaciones deliberadas entre información cronológica esculpida en los monumentos y los fenómenos astronómicos registrados en un tiempo real. Nuestra conclusión es que ciertos monumentos, con mayor probabilidad que otros, tenían como propósito señalar actos de celebración preparados que exigían el adecuado telón de fondo astronómico: Venus en lo alto del cielo, la reaparición de la estrella matutina, Júpiter en movimiento retrógrado y así sucesivamente.

Asimismo encontramos que los fenómenos de Venus son componentes significativos de las inscripciones monumentales, resultado que bien podíamos haber esperado dado el testimonio etnohistórico. El registro de inscripciones sobre fenómenos heliacos de Venus asentadas en los códices apoyó lo que encontramos en los monumentos. Sin embargo, en contra de la tabla de Venus del *Códice de Dresde*, que examinaremos en la sección siguiente, la primera aparición vespertina y no la primera aparición matutina del planeta es la más significativa en las inscripciones labradas. Este resultado puede atribuirse a que las apariciones vespertinas fueron más accesibles para el observador durante el Periodo Clásico maya (Sprajc, 1993*a*), lo que plantea la posibilidad de que los mayas puedan haber observado diferentes aspectos del planeta en diferentes épocas de su historia. Pasemos ahora a algunas de las investigaciones interesantes sobre la relación entre los acontecimientos astronómicos e históricos.

La Estela 1 de La Mojarra (Justeson, 1993; Justeson y Kaufman, s. f.), excavada en el sitio de la Costa del Golfo cercano a Veracruz, se coloca como la primera referencia sólida conocida a los fenómenos ligados a la astronomía planetaria. Este monumento vincula los acaecimientos de eclipses con las apariciones de Venus. El texto epiolmeca flanquea la efígie de un gobernante al que se representa en su ascenso al poder

(figura 65). Un par de fechas de la Cuenta Larga separadas por 13.6.2 (4 802 días) coronan las dos mitades de la inscripción. En la primera de esas fechas, 8.5.3.3.5 (1° de mayo de 143 d.C.), ocurrió un eclipse de Sol (83% total) en el sitio. Un glifo adjunto a la estela representa una boca abierta que devora un símbolo de Sol. En las inscripciones, otras cuatro fechas, con símbolos de Venus de aspecto arcaico adjuntos y alcanzables mediante números de distancia (números tabulados como intervalos), corresponden a las posiciones del planeta cerca de su máxima altitud.²⁷

Desde mucho tiempo atrás, la fecha de terminación del baktún del Periodo Clásico, 9.17.0.0.0 (17 de enero de 771 d.C.), inscrita en la Estela E de Quiriguá (tanto como en el cósmicamente importante Templo 11 de Copán y en todas partes), se ha considerado como referencia a eclipses en las inscripciones monumentales. Esa fecha cae 18 días antes de un eclipse lunar, tres antes de un eclipse solar visible (casi total) y 10 antes de una primera aparición vespertina del planeta Venus.

Recientemente han salido a la luz diversas referencias a hechos ocurridos en las historias dinásticas reales en relación con los vagabundeos planetarios por el cielo. Las más famosas de ellas son los acaecimientos de “guerras entre galaxias”, detalladas de la manera más completa por Schele y Freidel (1990). Justeson (1989, p. 107) presenta una tabla de 25 fechas de inscripción asociadas a la iconografía bélica y a glifos de Venus y estrella (en particular con forma de estrella-sobre-la-Tierra; véase también Lounsbury, 1982, y M. E. Miller, 1986).

Según la hipótesis de las “guerras intergalácticas”, Venus era el patrón de la guerra y gobernaba los ritos pertenecientes a la actividad bélica, como la toma del poder luego de una batalla. Tal vez incluso la conducción de los ataques bélicos se programaba de acuerdo con sus ortos y ocasos heliacos y con sus máximas elongaciones. Las guerras vinculadas estacionalmente cobran sentido cuando aplicamos el viejo cartabón de que un ejército victorioso “viaja sobre su estómago”, esto es, que los ataques triunfantes, en especial a gran distancia, sólo pueden realizarse cuando un abasto de alimentos disponible aguarda al invasor en el campo de batalla. Baird (1989) y Carlson (1993a) han rastreado retrospectivamente esta costumbre hasta el antiguo Teotihuacan (véase capítulo v). Pero esas correlaciones no necesariamente implican una programación rigurosa de acciones bélicas cronometradas cósmicamente. Lo más probable es que quienes seguían el culto bélico de Venus se interesaran por encontrar fenómenos del planeta apropiados en la proximidad de campañas militares oportunas. Sea como fuere, tanto las pruebas de Justeson como las nuestras (Aveni y Hotaling, 1994) revelan que para encontrar correlaciones entre las acciones bélicas y los acaecimientos astronómicos

²⁷ Justeson y Kaufman (s. f.) usan una correlación que toma en cuenta un esquema de correcciones de 20 días por debajo de la correlación de 584 283 para distinguir varios otros monumentos anteriores relacionados con los eclipses.

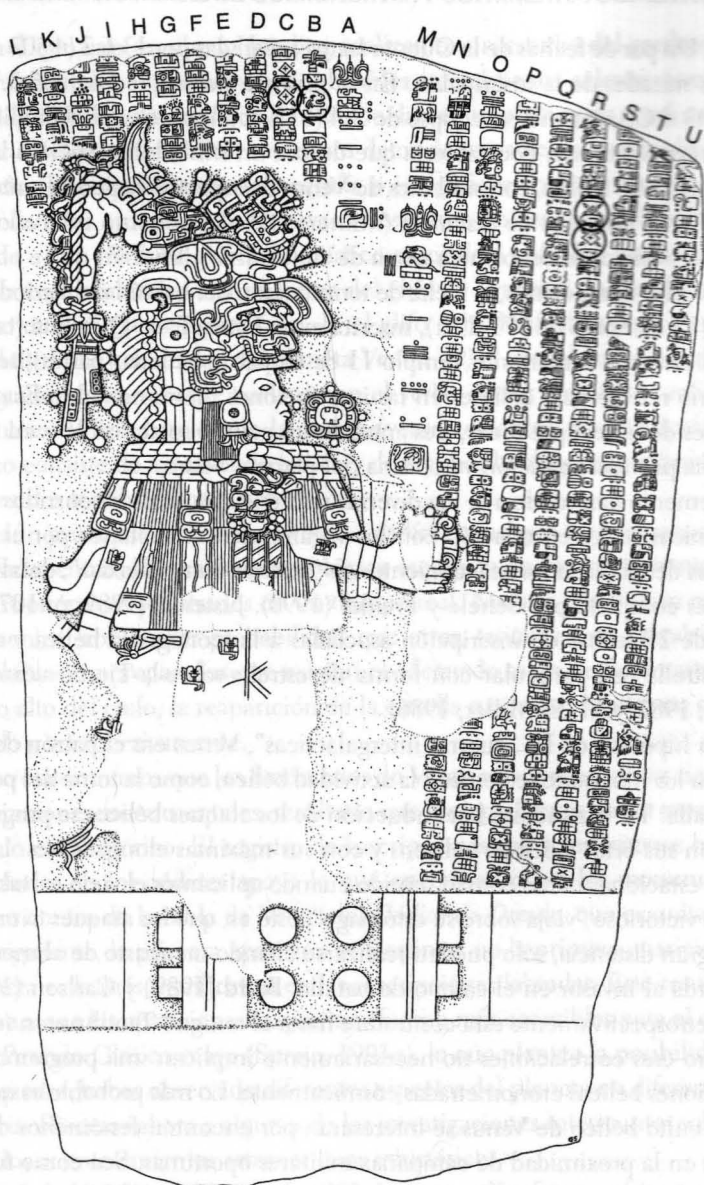


FIGURA 65. La Estela 1 de La Mojarra contiene una de las primeras referencias a los fenómenos astronómicos. Encerrados en círculos aparecen símbolos arcaicos de Venus y animales con las fauces abiertas (que devoran al Sol el día del eclipse 8.5.3.3.5). (Dibujo y © de George Stuart.)

reales sólo las posiciones de Venus concuerdan con alguna precisión, en tanto que son problemáticos los puntos clave de los ciclos de otros planetas.

La mejor prueba de que los ciclos del planeta Júpiter están captados en las inscripciones monumentales fue aportada por Lounsbury (1989), quien demuestra que diversos acontecimientos ocurridos en Palenque en relación con el gobernante del siglo VII, el Señor Chan Bahlum (nacimiento, ascenso, apoteosis), se correlacionan de manera inequívoca con los fenómenos retrógrados, especialmente con el segundo punto estacionario de la curva retrógrada de ese planeta. Chan Bahlum tal vez haya asociado de algún modo su identidad con esa deidad (*cf.* Milbrath, 1999, pp. 233-240). Lo mismo puede decirse de Yax Pac (Yax Pasah) de Copán, cuyas inscripciones pueden haber formado parte de un culto a Venus (véase capítulo V, pp. 255-256).

También de Palenque procede una posible referencia a cierta espectacular conjunción planetaria. El acaecimiento del 2 Cib 14 Mol (28 de julio de 690 d.C.) conmemora la reunión cósmica de los dioses creadores en Palenque. Esa fecha está moldeada en estuco y se conmemora en forma arquitectónica en el complejo del Grupo de la Cruz. Cada miembro de la gran segunda generación de la tríada de dioses de Palenque, de la que pretendían descender los gobernantes del reino, se representa en una de las tres construcciones que constituyen el conjunto, uno de los más majestuosos de todas las ruinas de la tierra maya. El Templo de la Cruz, que se orienta hacia el sur, guarda la fecha del nacimiento de Venus. Su tablero también contiene explicaciones acerca del modo en que los gobernantes se vinculan a ese planeta. El nombre sin descifrar del miembro desconocido de la tríada se guarda religiosamente en el Templo de la Cruz Foliada, que mira al oeste, a unos 100 metros al sur; por su parte, el Templo del Sol, dirigido hacia el astro naciente en el solsticio de invierno, incorpora el nombre del dios del Sol.

El encuentro celeste visible debe de haber sido uno de los acontecimientos más importantes en la vida del joven Chan Bahlum, y en las inscripciones de los tres templos hay algunas indicaciones bastante específicas sobre el modo en que él y su pueblo festejaron el principio de su reinado en aquel aniversario del nacimiento de los dioses. Cuando menos cuatro diferentes textos monumentales del Grupo de la Cruz nos dicen que esa fecha era el equivalente del 18 de julio de 690 en nuestro calendario (Dütting, Aveni y Schramm, 1982) y que la celebración se prolongó durante tres días. Esa noche, tres brillantes luces celestes convergieron realmente en el cielo sobre Palenque. Al caer el crepúsculo, allí en la alineación planetaria real estaban Saturno al este, Júpiter en medio y Marte al oeste. Los tres aparecieron en un espacio celeste del ancho de unos cuantos discos lunares en lo alto de la constelación de Escorpión, en una rara conjunción. Al avanzar la noche, una Luna gibosa iluminó el horizonte y se unió a ellos. Más tarde los cuatro se desplazaron juntos sobre la elevada cordillera situada al sur, frente a los

tres templos. Podemos imaginar a la multitud congregada en la plaza abierta ante aquellos templos de Chan Bahlum, contemplando reunido al divino trío que había dado nacimiento a sus viejos antepasados, mientras los astros desaparecían sobre el Templo de las Inscripciones, que albergaba la tumba en que el padre de Chan Bahlum recientemente había sido depositado para su descanso: simbólica afirmación ésta de que el poder celestial del que otrora se había dotado a su padre se transmitiría a su hijo. El rey tal vez fue inspirado por aquellos acontecimientos cuando adoptó a Júpiter como planeta patrón y futura estrella guía, por ser el más brillante de los tres.

El señalamiento sobre la tríada escrito en jeroglíficos en el Grupo de la Cruz significa “los dioses del trío cruzan” o “los tres dioses unidos que cruzan el cielo”, dice la epigrafista Barbara MacLeod (1998). ¿Fue ése un intento maya de aislar el hecho de que sólo esos tres planetas pueden pasar de un extremo a otro del cielo? (véase capítulo III). Lo más probable es que el mensaje transmitido al pueblo la noche del 20 de julio de 690 fue simplemente que un trío de dioses representativo llegaba a validar la continuación del reinado del viejo rey en la persona de su hijo.

ASTRONOMÍA EN LOS CÓDICES MAYAS

I. EL CONTENIDO GENERAL DE LOS CÓDICES

Si las inscripciones monumentales, exhibidas en gran parte al público, iban encaminadas a exaltar a los gobernantes y a legitimar su descendencia de los dioses, los códices parecen relativamente esotéricos y privados: textos portadores de augurios para ser leídos sólo por sacerdotes de alta jerarquía. El *Códice de Dresde*, un libro de imágenes mayas elaborado en el siglo XII o XIII en el norte de Yucatán y depositado en una biblioteca alemana en el siglo XIX, probablemente sea una copia sin fecha de otro documento plegado como biombo hecho algunos siglos antes. Es uno de los cuatro únicos fragmentos de libros mayas que han llegado hasta nosotros. Otros dos, el *Códice de París* y el *Códice de Madrid*, que también reciben sus nombres de las ciudades europeas que los recuperaron, probablemente fueron enviados por los conquistadores a la nobleza culta europea como representativos de las curiosidades del Nuevo Mundo. El descubrimiento de un cuarto código maya, anunciado en una reunión del Club Grolier de Nueva York en abril de 1971, parece haber pasado la prueba de varios años de duda acerca de su autenticidad. Los argumentos respecto a la originalidad del documento han sido expuestos totalmente por Coe (1973) y Carlson (1983). Thompson (1975) ha argumentado en contra de su autenticidad.

Los cuatro documentos están hechos de la corteza batida de higuera silvestre y recubiertos de cal para darles tersura. Como los libros nuestros, están escritos por ambas

caras. Sin embargo, muy en contraste con ellos, no están encuadrados por un lado y por tanto exigen acciones manuales y visuales muy distintas por parte del lector. Los glifos están pintados con pincel fino en vivos rojos y negros, en tanto que las demás figuras también lo están en amarillo, verde y azul.

Se ha considerado que los códices son colecciones de almanaques. Generalmente pensamos en un almanaque (por ejemplo, *The Old Farmer's Almanac for the Year 2001*) como en una compilación de información útil, útil a medias e inútil, en su mayor parte adaptada al espacio y tiempo locales. En nuestros almanaques se puede esperar encontrar un calendario mensual que dé todos los días feriados que pudieran ser de interés; también hay información astronómica como la hora en que el Sol sale y se pone, las fases de la Luna y los eclipses del año, aunada a información meteorológica y tablas de marea para los principales puertos locales. También se tabula información de valor más dudoso (según el grado personal de escepticismo), acerca de las predicciones del tiempo y las posiciones planetarias en los signos del Zodiaco. Agréguese a esos datos alguna información no cuantitativa (recetas de cocina y proverbios) y nuestro almanaque, puesto al día y modificado ligeramente año tras año, es un útil compendio que nos instruye y divierte en cuestiones prácticas e incluso tal vez nos dé consejos sobre conducta personal.

También los almanaques mayas incluían muchos de esos aspectos. Thompson (1972b, p. 27) ha caracterizado el contenido de los almanaques que hay en los códices mayas como invocaciones y adivinaciones concernientes al tiempo, la agricultura, la perforación con palos, la enfermedad y la medicina, además de los augurios y las ceremonias. Sobre todo, los almanaques tenían un propósito numerológico: "Poner todas las actividades celestes y humanas en relación con el almanaque sagrado multiplicando el espacio temporal en que estaban interesados hasta que ese número fuera un múltiplo de 260".

Por amplio margen la mayor parte de los esquemas de contar los 260 días están formados de una quintuple división del tiempo en periodos de 52 días. Hay 43 almanaques de ese tipo en el *Códice de Dresde* y 130 en el *Códice de Madrid*, para constituir más de las tres cuartas partes de cada texto. (Sin embargo, V. y H. Bricker [1992] han argumentado que algunos de esos almanaques tienen que ver con el año de 365 días.) Otra manera de dividir los 260 días que al parecer fueron importantes para los cronologistas mayas es 4×65 ; los almanaques que recurren a este sistema se llaman "almanaques de incensario" porque el sistema tal vez se refiera a cierta práctica colonial posterior de encender fuegos ceremoniales en altares específicos que habitualmente representan los cuatro lados del cielo (véase B. Tedlock, 1982, p. 194; V. y H. Bricker, 1992, pp. 76-81); existen 62 de estos almanaques (14 en el *Dresde* y 48 en el *Madrid*). Por orden de frecuencia vienen luego los almanaques de 10×26 días (de 50 ejemplos, 43 están en

el *Madrid* y sólo siete en el *Dresde*). Vail (1997) sugiere que el propósito de éstos era aproximarse a los periodos siderales lunares de 28 días. Extrañamente no hay almanques de 260 días en que se usen los factores 13 y 20. Los almanques más largos consisten de múltiplos y no de subdivisiones de 260 (por ejemplo, 2, 3, 4, 7 y 9). Todos éstos son intervalos importantes porque se intercambian con múltiplos enteros de otros números que los mayas consideraban significativos. Por ejemplo, 9×260 también son $20 \times 9 \times 13$.

Finalmente, un puñado de almanques parecen tratar más de otras periodicidades, algunas de ellas de importancia astronómica. Pero aunque estos últimos almanques, mucho más complejos que los otros, no parecen centrarse en la cuenta de 260 días, en cierto modo siempre se encuentra el número 260 inserto en ellos. En breve volveremos a los almanques astronómicos, pues nos servirán para guiarnos hacia nuestra meta de intentar aislar conceptos celestiales que influyeron en la estructura numérica de otros almanques.

Para tener una idea de cómo funcionaba en la práctica un almanaque típico, examinemos las páginas 17c y 18c del *Códice de Dresde* (figura 66a). Éste es un almanaque de 5×52 días, cada rueda del cual empieza en uno de los *lubes* con número y nombre, o sea los llamados puntos de entrada del Tzol Kin en un almanaque; éstos se presentan en la columna vertical izquierda de los glifos. Desplazándonos horizontalmente a la derecha podemos leer los números de distancia de la tabla escritos en negro con notación de barras y puntos, uno para cada *t'ol* (división de una página, habitualmente indicada por un compartimiento gráfico). Cada barra es igual a 5, cada punto vale 1; de ese modo: 15, 33 (20 [escrito fonéticamente como *kal* o “veinte”] + 13) y 4. Estos intervalos hacen un total de 52, que es el número de días contenido en una sola corrida a través del almanaque. Cinco pasos por el almanaque constituyen el ciclo completo, después del cual el último número de distancia de la última línea lleva al usuario de regreso al principio. En el código los coeficientes del nombre del día del Tzol kin a que se llega en cada *t'ol* se dan en rojo (6, 13 y 4; los símbolos rojos aparecen en la figura 66a como símbolos blancos bosquejados). La ubicación de fechas e intervalos en diversas páginas de los almanques varía considerablemente. Por lo general, como en el ejemplo que se muestra en la figura 66a, se procede horizontalmente de izquierda a derecha con un número rojo asignado por *t'ol* junto con un intervalo negro. No todos los almanques están dispuestos de manera tan clara. En otros casos, la aritmética temporal cobra una calidad humorística fluyendo verticalmente o en zigzags; a veces, los números rojos y negros se dispersan alrededor de una sola imagen como otros tantos símbolos que desde lo alto se dejan caer sobre ella al azar.

Leído como una rueda de tiempo, nuestro ejemplo de la figura 66a empieza con el *lub* 4 Ahau que da entrada al almanaque. (El esquema completo se presenta en la



a

4 Ahau	+ 15 [n] = 6 (Men)	[r]	+ 33 [n] = 13 (Lamat)	[r]	+ 4 [n] = 4 (Eb)
4 Eb	+ 15 [n] = 6 (Manik)	[r]	+ 33 [n] = 13 (Ahau)	[r]	+ 4 [n] = 4 (Kan)
4 Kan	+ 15 [n] = 6 (Cauac)	[r]	+ 33 [n] = 13 (Eb)	[r]	+ 4 [n] = 4 (Cib)
4 Cib	+ 15 [n] = 6 (Chuen)	[r]	+ 33 [n] = 13 (Kan)	[r]	+ 4 [n] = 4 (Lamat)
4 Lamat	+ 15 [n] = 6 (Akbal)	[r]	+ 33 [n] = 13 (Cib)	[r]	+ 4 [n] = 4 (Ahau)

b

FIGURA 66. a) *Almanaque que aparece en las páginas 17c y 18c del Códice de Dresde (Villacorta y Villacorta, 1977); b) lista tabular de fechas que muestran el orden de lectura (n = negro; r = rojo).*

figura 66b.) El glifo de Ahau es el primero de los cinco nombres de 20 días que aparecen en la columna vertical de la izquierda (véase Ahau, Eb, Kan, Cib y Lamat en la figura 56); 4 (cuatro puntos) aparece en lo alto de la columna. El augurio o rito del primer *t'ol* se representa como una mujer que lleva sobre la espalda a un esquelético dios de la muerte. Al desplazarnos a la derecha se nos pide agregar a Ahau un intervalo de 15 días (tres barras negras) para llegar a 6 (Men) en rojo. ("Men" está entre parén-

tesis porque los nombres de días no están registrados en esta parte de la tabla, aunque participen claramente si seguimos la secuencia de 20 días con nombre.) En seguida, agregamos 33 (negro) para llegar a 13 (Lamat) (rojo) en el tercer *t'ol*; $+4 = 4$ (Eb) en el cuarto *t'ol*.

Nuestro paso por tres puntos de detención, acompañados de imágenes abajo, concluye una sola corrida de 52 días en la tabla. Entonces regresamos a la columna del lado izquierdo y aterrizamos de nuevo en el principio de la segunda entrada con nombre de día, Eb, exactamente debajo de Ahau. En este punto volvemos a avanzar al primer intervalo negro y continuamos a través de un segundo paso: $4 \text{ Eb (la fecha de reingreso con que comienza el segundo ciclo)} + 15 = 6 \text{ (Manik)} + 33 = 13 \text{ (Ahau)} + 4 = 4 \text{ (Kan)}$. 4 Kan, que pone fin al segundo recorrido de 52 días, es el tercer punto de reingreso a la izquierda. Proseguimos a lo largo de la tercera, la cuarta y la quinta líneas de la tabla usando las cinco fechas de entrada. Habiendo llegado cinco veces a cada uno de los acontecimientos representados regresamos al fin a 4 Ahau, donde había empezado originalmente la cuenta de $5 \times 52 = 260$ días. Con pocas variaciones, los almanaques contenidos en los códices operan de manera cíclica como se acaba de esbozar y es evidente que fueron ideados para funcionar indefinidamente y sin cambio. Sin embargo, en algunos casos puede haberse intentado agregar intervalos entre fechas a intervalos mayores representados por una o dos líneas de un almanaque (por ejemplo, $52 + 13$ y no simplemente 13 como está escrito) o aplicarlos sólo en corridas particulares a lo largo de una tabla reciclable (V. y H. Bricker, 1986a). Los almanaques que tratan de agricultura, meteorología y astronomía son obvios candidatos a la alteración. En otros casos más, algunos almanaques muestran dobles series de números, señalando así que la intención era cubrir con ellas dos series de fechas (Bill, 1997).

¿Cuál fue exactamente el propósito de esos almanaques? ¿Por qué se les presentó de esa manera?²⁸ ¿Cómo se les usaba? A juzgar por los "títulos" escritos arriba de las imágenes algunos son adivinatorios, esto es, concebidos con el propósito de hacer augurios y predicciones, pero, ¿qué era lo significativo respecto a cada uno de los puntos de descanso pictóricos? La más común, pero de ningún modo la única manera en que los glifos se ordenan en "títulos" arriba de las imágenes (especialmente en el *Madrid*, en donde al parecer se emplearon muchas abreviaturas), es la siguiente: o el primer glifo (A1, arriba a la izquierda) del bloque ubicado arriba de cada imagen es un verbo o un

²⁸ Un aspecto intrigante de esos almanaques tiene que ver con el asunto de los factores que motivaron la elección de intervalos que dirigían al usuario de un *t'ol* a la siguiente. A primera vista parecen variar de manera errática. Algunos almanaques exhiben muchas paradas en el camino a través de una secuencia glífica de números, otros sólo unas cuantas. Las magnitudes de los intervalos unas veces son grandes y otras son pequeñas. En *t'ols* vecinos a intervalos pequeños pueden aparecer intervalos grandes. La implicación es que, en los almanaques mayas, incluso en los almanaques astronómicos, la pura numerología surge como un elemento de diseño. Para un estudio a profundidad de este problema, y de la numerología maya en general, véase Aveni, Morandi y Peterson, 1996, y especialmente la parte 1.

sustantivo verbal que señala la acción de la deidad que se representa. Un segundo glifo (B1, arriba a la derecha) da el objeto al que se dirige la acción, en tanto que el sujeto o nombre de la deidad va enseguida en la posición A2. Finalmente, un cuarto glifo, B2, dice el resultado de la acción del dios o la ofrenda apropiada a una acción. En nuestro ejemplo: “La muerte es la carga de la Diosa de la Luna, malos vientos; Dos-Azul-Amarillo es la carga de Ix Chel, la Diosa de la Luna; Muy es su carga, la adivinación de la Diosa de la Luna” (Schele y Grube, 1997, p. 125).

ASTRONOMÍA EN LOS CÓDICES MAYAS

II. ECLIPSES Y TABLAS DE ECLIPSES

La mayor parte de los estudios que tratan de la operación de las tablas astronómicas a que se alude en esta sección han consistido de modelos o esquemas de desarrollo cuyo funcionamiento es posible demostrar; es decir, predicen eclipses o posiciones lunares y solares planetarias clave en un marco cronológico real, valiéndose de los datos de la tabla. Ocioso es decir que esos modelos han proliferado desde el advenimiento de la computación a alta velocidad en las últimas décadas del siglo xx. Como hemos de ver, además de lograr exactitud de predicción, el de más éxito entre ellos toma en cuenta sutilezas que aparecen en las tablas, como los Números de Anillo y los múltiplos aberrantes. Aunque sólo podamos juzgar la eficacia de esos modelos por el relativo éxito que obtienen en el tratamiento de multitud de factores (incluso si la manera en que consideran a la astronomía y las matemáticas “suena” a maya, es decir, si incorporan principios matemáticos y astronómicos previamente reconocidos en otras fuentes), también debemos estar conscientes de que más de uno de los modelos posibles ciertamente pudiera “funcionar”. A falta de nuevas pruebas, nunca se puede demostrar que el modelo determinado que se propone era en verdad el que realmente empleaban los astrónomos y los amanuenses mayas.

“Debemos reconocerlo: en lo tocante a sus fines, la astronomía maya es astrología”, escribía Thompson (1972a, p. 77). Partiremos del análisis de un texto del *Códice de Dresde* que corrobora este señalamiento y, al mismo tiempo, explica el vínculo estrecho que existe entre la astrología y la astronomía antiguas. (Algunos de los símbolos astronómicos específicos a los que se alude en el *Dresde* y otros códices se muestran en la figura 67.)

Las páginas 51-53 del *Dresde*, reproducidas en la figura 68a, representan parte de una tabla lunar que se extiende hasta la página 58 en el documento original. La figura 68b muestra una disposición esquemática de esas páginas, en donde la mitad superior de cada página se denomina “a” y la inferior “b”, como es costumbre. La lectura

empieza en la página 51a y pasa a la derecha a la página 52a, **para continuar** hasta la página 58a (que no se muestra); luego, el lector pasa a la sección **inferior** de la tabla que está al reverso de 51b, avanza a 52b, 53b y así sucesivamente, **para terminar** en la página 58b.

Por el momento evitamos las páginas 51a y 52a, de **aspecto complicado**, y examinamos una de las principales características de la tabla que **empieza** a aparecer en la página 53a, en donde la tabla comienza a adoptar el conocido **aspecto** de los intervalos gráficos. Esta peculiaridad se conserva a lo largo de las **secciones** superiores de las páginas 54a a 58a y también puede apreciarse en las pocas secciones inferiores que aparecen en la figura 68. A partir de 53a, línea 9, en la base de cada media página vemos el numeral 177 que se repite varias veces (bloques VII de la figura 66b). Esa serie termina por el número 148, luego del cual sigue un dibujo. Por ejemplo, entre los dibujos (bloques VI) de las páginas 52b y 53b²⁹ encontramos el número 177 escrito cinco veces consecutivas y seguido de un número 148.

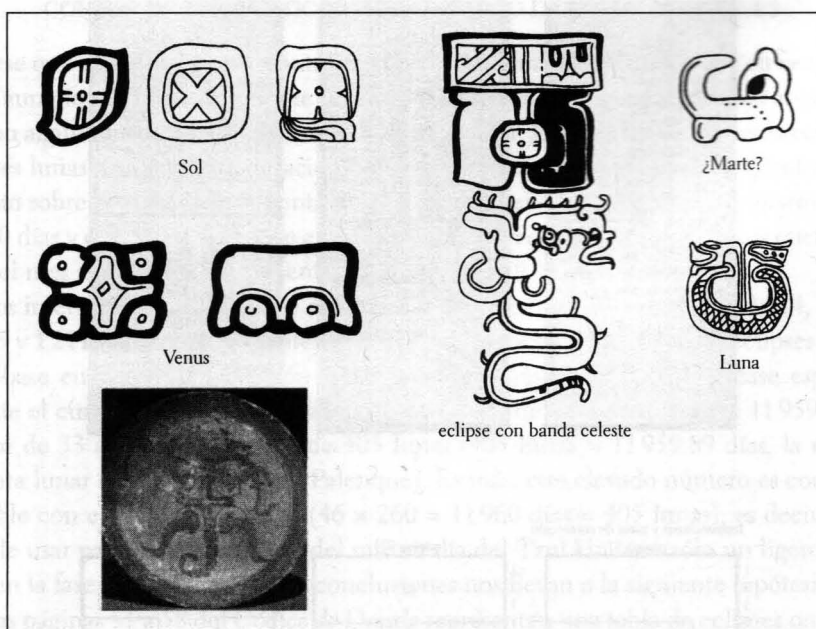
Unas cuantas líneas arriba de esos números, en las líneas 3 a 5, reconocemos otra serie de numerales de punto y barra (bloques VIII). Entre los dibujos de las páginas 52b y 53b podemos leer seis números: 6 408, 6 585, 6 762, 6 939, 7 116 y 7 264. Es fácil apreciar que si agregamos el número inferior de determinada columna al número superior de la columna anterior llegamos al número superior de la columna siguiente. De ese modo, $6408 + 177 = 6585$ y $7116 + 148 = 7264$; por consiguiente, los números superiores parecen ser los totales acumulados por la adición repetida de los números inferiores.

Al punto, dos observaciones habrán sugerido al lector atento que esos cálculos están vinculados a los eclipses: a) la aparición en la tabla de 6 585, el intervalo del saros y b) la casi equivalencia de seis lunaciones con 177 días (en realidad, seis lunaciones = 177.18 días) y de cinco lunaciones con 148 días (cinco lunaciones = 147.65 días). Con base en nuestro estudio de los eclipses del capítulo III podríamos sospechar que el número 177 muy probablemente corresponda a una tabla de eclipses, pues se acerca mucho al medio año de eclipses (173.31 días). Como ya hemos visto, cualquier atento observador lunar de mucho tiempo podría establecer una tabla de previsión de eclipses contando ciclos sinódicos lunares en grupos de seis y cinco.³⁰

Con objeto de entender más específicamente el nexo de estos números con los eclipses reales, en el cuadro 17 se dispone todo el contenido de los bloques VII y VIII.

²⁹ Los dibujos parecen vincularse a la muerte, al mal agüero o a algún tipo de malevolencia. Cada cual cuelga de una banda celeste rematada por glifos, muchos de los cuales parecen de naturaleza ominosa (o por lo menos nos lo parecen a nosotros).

³⁰ En realidad, siete de los primeros agregados a uno de los segundos promedian medio año de eclipses. MacPherson (1987) ha demostrado que también se podría haber llegado al mecanismo de predicción mediante observaciones de la primera o última creciente al amanecer o al oscurecer.



a



b

FIGURA 67. a) Algunos jeroglíficos con asociaciones astronómicas: selección de signos de kin que significan simultáneamente Sol, día y tiempo (cf. figura 54e); Venus en el Códice de Dresde; El Hombre de Escorpión-Venus (¿Venus en Escorpión?), el monstruo de Marte y la Luna en creciente tomados del Dresde; un eclipse (también tomado del Dresde): un dragón devora al Sol (nótese el signo de kin), puesto contra un fondo blanco y negro que cuelga de las franjas de una banda celeste (diagrama de P. Dunham). Figura en una placa policroma maya donde se muestra el glifo de Venus (© Justin Kerr, File núm. K4565); b) las tres primeras figuras muestran al conejo de la Luna en inscripciones mayas (Schele, 1977, p. 55); las dos últimas proceden de códices del Altiplano Central mexicano (González Torres, 1975, p. 84; cortesía SepSetentas, México). Véase en la figura 30e una imagen del conejo, tal como aparece realmente en la cara de la Luna.

Nótese que ocasionalmente se introduce en la columna de sumas un 178 en vez de un 177, aunque en la parte inferior se registre 177. Es probable que en ocasiones así se haya hecho algún tipo de ajuste en los cálculos. Al parecer, la cuenta acostumbrada consistía de tres lunas de 29 días de duración y tres de 30 (véase al principio del capítulo lo expuesto sobre el glifo A). La cuenta de 178 días aparentemente empleaba cuatro lunas de 30 días y dos de 29, paso este en la dirección correcta cuando nos damos cuenta de que el mes sinódico es ligeramente más largo que $29 \frac{1}{2}$ días.

Los intervalos entre las nueve imágenes son 1 742, 1 034, 1 210, 1 742, 1 034, 1 210, 1 565 y 1 211 días, todos los cuales se pueden reconocer como ciclos de eclipses reales con base en nuestra explicación sobre la astronomía a simple vista (véase especialmente el cuadro 5).³¹ Finalmente, el número total de días de la tabla es 11 959 (alrededor de 33 años) o muy cerca de 405 lunas ($405 \text{ lunas} = 11\,959.89 \text{ días}$, la misma cuenta lunar de 5×81 usada en Palenque). Es más, este elevado número es conmensurable con el ciclo de 260 días ($46 \times 260 = 11\,960 \text{ días} = 405 \text{ lunas}$); es decir, se le puede usar para la recuperación del mismo día del Tzol kin, con sólo un ligero cambio en la fase de la Luna.³² Estas conclusiones nos llevan a la siguiente hipótesis básica: las páginas 51 a 58 del *Códice de Dresde* representan una tabla de eclipses que consiste de grupos de cinco y seis lunas, en que los eclipses ocurren en las posiciones de las imágenes de la propia tabla. Como las fechas calendáricas rituales (figura 68b, bloque IX) constituyen el grueso de la tabla, el documento tal vez se haya hecho con la intención de registrar las fechas de los eclipses reales en el calendario ritual.

Pero, ¿es un registro de eclipses ya presenciados o un documento encaminado a prever posibles eclipses futuros? Por lo demás, ¿de qué tipo de eclipses se trata? Al parecer, poca duda cabe de que los mayas trataban de predecir los eclipses a causa del desastre que creían que los amenazaba en esas ocasiones. Por ejemplo, las imágenes

³¹ Nótese el ritmo en los primeros seis intervalos: A, B, C, A, B, C, donde $A = 8 \times 177 + 178 + 148$; $B = 4 \times 177 + 178 + 148$; $C = 6 \times 177 + 148$. El séptimo intervalo queda seis meses sinódicos lunares antes de A y el último, $5 \times 177 + 177 + 148$, no va seguido de ningún dibujo, lo que podría implicar que la tabla fue interrumpida a mitad de la cuenta. Hugh Thurston (comunicación personal, 6 de julio de 1993) ha señalado las siguientes consideraciones numerológicas para el establecimiento del formato tabular: dividiendo 11 958 entre el mayor de los factores comunes, 3, se obtienen 135 meses sinódicos lunares o 3 986 días, lo cual ocurre dos veces en la tabla (en las entradas 23 y 46). Thurston especifica varios modos de obtener 135 meses a partir de intervalos de seis y cinco meses, entre ellos $3 \times 5 + 20 \times 6$, $9 \times 5 + 15 \times 6$, $15 \times 5 + 10 \times 6$ y 27×5 , y comenta: "Si los mayas sabían, y presumiblemente así era, que los intervalos de seis meses entre eclipses eran mucho más frecuentes que los intervalos de cinco meses, sólo serían adecuados los primeros, por lo que debía haber tres dibujos cada tercera parte de la tabla. Y ciertamente los hay. Pero $3 \times 148 + 20 \times 177 = 3\,984$, que es dos días menor (que 135 meses sinódicos lunares), por lo cual debería haber dos 178 en cada tercio de la tabla. Y ciertamente los hay".

³² Como lo han señalado Kelley y Kerr (1974, p. 183), el número 11 960 representa una elección adecuada si los astrónomos deseaban asociar los eclipses con otros ciclos astronómicos. Por ejemplo, ese número equivale a 32 años trópico, con un remanente de .745, o sea, casi tres cuartas partes del año. Así pues, el intervalo tal vez se haya usado para cálculos de año trópico; por ejemplo, para pasar del solsticio al equinoccio. Al cabo de cuatro repeticiones la efemérides volvería casi al mismo sitio del año trópico.

CUADRO 17. *Intervalos (bloque VII) y totales (bloque VIII) de la tabla de eclipses del Códice de Dresde*

<i>Días agregados</i>	<i>Totales</i>	<i>Días agregados</i>	<i>Totales</i>
0	0	Dibujo	
177	177	178	6 408
177	354	177	6 585
148	502	177	6 762
Dibujo		177	6 939
177	679	177	7 116
177	856	148	7 264
177	1 033	Dibujo	
178	1 211	177	7 441
177	1 388	177	7 618
177	1 565	177	7 795
177	1 742	177	7 972
177	1 919	177	8 149
177	2 096	177	8 326
148	2 244	148	8 474
Dibujo		Dibujo	
178	2 422	177	8 651
177	2 599	177	8 828
177	2 776	178	9 006
177	2 953	177	9 183
177	3 130	177	9 360
148	3 278	177	9 537
Dibujo		177	9 714
177	3 455	177	9 891
177	3 632	148	10 039
177	3 809	Dibujo	
177(178)	3 986	177	10 216
177	4 163	178	10 394
177	4 340	177	10 571
148	4 488	177	10 748
(Se escribió 177 por error)			
Dibujo		177	10 925
177	4 665	177	11 102
177	4 842	148	11 250
178	5 020	Dibujo	
177	5 197	177	11 427
177	5 374	177	11 604
177	5 551	177	11 781
177	5 728	177	11 958
177	5 905		
177	6 082		
148	6 230		

del bloque IV de la página 53 —el cadáver femenino pendiente de la cabellera y el dios de la muerte que aparece arriba de él— son ominosos, en tanto que los glifos del bloque VI dejan poca duda de que los pronósticos espantosos están a la orden del día. Schele y Grube traducen el texto de la página 53a como

...daño al cielo de la Tierra,
el señor...

un eclipse de Sol, de Luna
por un señor barbado celestial
mal augurio o viento
daño a los asientos. (1997, p. 170)

Desde luego, las predicciones deben basarse en el registro de observaciones de eclipses reales ocurridos en Yucatán cuando los sacerdotes mayas desempeñaban sus funciones. Con objeto de explorar el modo en que una tabla como la del *Códice de Dresde* pudo construirse a partir de observaciones reales, examinemos una serie de eclipses reales tanto solares como lunares que, merced a cálculos astronómicos modernos, sabemos que ocurrieron en el antiguo Yucatán. Asimismo, trataremos de determinar si esa tabulación se puede usar para predecir eclipses futuros.

En el cuadro 18 enumeramos los intervalos en días habidos entre todos los eclipses lunares visibles en el norte de Yucatán durante el siglo v. Hubo 73. También insertamos las localizaciones de los diez eclipses solares (S) visibles con una fase mayor del 50%. Consideremos únicamente los eclipses lunares empezando por el intervalo que separa a los dos primeros de la tabla, es decir, 1 920 días. ¿Podremos descomponer este número en una suma de ciento setenta y siete (177) y un ciento cuarenta y ocho (148)? Sabemos que $10 \times 177 + 148 = 1 918$. Si agregamos dos días más al total sustituyendo dos veces 177 por 178, inventamos una serie que presenta una asombrosa semejanza con la que fue incluida en el bloque VII de la tabla del *Dresde*, por ejemplo: 177, 177, 178, 177, 177, 178, 177, 177, 177, 177, 148, eclipse. El siguiente intervalo del cuadro 17 502 días es la suma de $177 + 177 + 148$. Prosiguiendo de la misma manera, podemos transformar los intervalos entre eclipses lunares del cuadro 18 en la serie que consiste de intervalos de cinco y seis meses sinódicos que se muestran en el cuadro 19.

Salvo por algún 176 ocasional y por el acaecimiento de algunos eclipses sin que los preceda inmediatamente un intervalo de 148 días, el cuadro 19 es virtualmente idéntico al registrado en el *Dresde*, páginas 51-58.

Ahora bien, ¿en qué punto encajan los eclipses solares? En otros pasajes del *Dresde*

CUADRO 18. *Intervalos (en días) entre eclipses lunares visibles en Yucatán durante el periodo 400-500 d.C.*

400 d.C.					
1 048			354	178	355
S	1 920		178	176	325
872			856	680	354
	502		177	354	177
	177		1 034	177	177
	354		531	177	1 034
	178	339		503	500 d.C.
	1 211	S	680	176	
	176	341		178	
	680		354	177	
	1 211		354	162	
	176		1 034	S	177
	178		531	15	
	177	162			679
162		S	502		1 211
S	177	340			177
15		871			178
	679	S	1 211		176
	178	340			680
	354		532	14	
	679	162		S	177
	177	S	177	163	
	177	15	177		354
	176		679		178
340			178		856
S	680		1 742		177
340			502	871	
	177		531	S	1 565
				694	

NOTA: Una "S" indica un eclipse solar.

se les menciona junto a los eclipses lunares. Más aún, el intervalo de 148 días es precisamente aquel en que pueden ocurrir juntos eclipses de Sol y de Luna durante una secuencia de lunaciones. Si en la serie incluimos eclipses solares, entonces 1 920, nuestro primer número del cuadro 18, se descompone en la suma de 1 048 y 872; es decir que, luego del primer eclipse de Luna del siglo v, se produjo un eclipse de Sol al cabo de 1 048 días. Fue seguido, 872 días después, por un eclipse de Luna. Ninguno de esos

números, como tampoco *ninguno* de los demás intervalos entre eclipses de Sol-Luna y Luna-Sol de la tabla, se puede conformar a partir de una cadena de ciento setenta y siete (177) y ciento cuarenta y ochos (148). Esto sugiere que, *tal como se lee*, la tabla no predice ni registra ni eclipses de Sol ni de Luna. Por otra parte, los intervalos entre eclipses de Sol sí resultan ser sumas de una serie de ciento setenta y siete y ciento cuarenta y ochos; de esa manera, la tabla pudo haberse usado exclusivamente para eclipses de Sol.

Se puede formar una serie que incluya ambos tipos de eclipses, por ejemplo:

177	15	Solar	Lunar	Lunar
Lunar	Lunar	177	148	etcétera.
148	177	148	15	
15	148	15	Solar	
Solar	15	Lunar	15	

Como hemos visto en nuestra exposición sobre la astronomía de los eclipses en el capítulo III, con frecuencia hay asociación de lunas nuevas y lunas llenas consecutivas con eclipses; por consiguiente, si queremos ambas cosas —predicciones de eclipses lunares y solares— nos vemos obligados a introducir en nuestra tabla hipotética el intervalo de 15 días entre Luna llena y Luna nueva. Curiosamente, este número se puede deducir como diferencia entre pares de fechas de la Cuenta Larga de la parte superior de la página 52 (bloque I) del *Códice de Dresde*. De este asunto hablaremos ulteriormente cuando abordemos las fechas calendáricas rituales de la tabla.

Puesto que para construir las tablas lunares se pueden emplear conjuntos de datos empíricos sobre eclipses tanto lunares como solares, se antoja mucho más simple la hipótesis de que en realidad se usaron datos lunares. En el transcurso de los 33 años cubiertos por la tabla, el número de ese tipo de eclipses observables en Yucatán habría bastado a un solo observador del cielo para construir la tabla. Si suponemos que sólo se usaron eclipses de Sol, debemos extrapolar la base de las observaciones muchos siglos atrás con objeto de derivar los intervalos pertinentes. Sin embargo, Harvey y Victoria Bricker (1983) han demostrado que la tabla ciertamente *pudo* haber funcionado como un mecanismo de previsión de eclipses solares, lo que prueban hábilmente reciclando la tabla a fin de predecir un eclipse del siglo xx.

Ya hemos visto que una tabla de eclipses como la del *Códice de Dresde* se puede construir muy fácilmente a partir de datos de observación. Pero, ¿se puede usar a fin de predecir eclipses futuros? Para responder a esta pregunta algunos especialistas han tratado de equiparar la tabla del *Dresde*, eclipse por eclipse, con el registro real de eclipses ocurridos desde la era precristiana hasta la Conquista española, pero fue inútil. En vista del

CUADRO 19. *Intervalos (en días) entre los eclipses lunares reales del siglo V expresados como una serie de intervalos de cinco y seis lunas*

400 d.C.						
177	177	178	Eclipse	177	176	177
177	177	148	177	177	Eclipse	177
178	178	Eclipse	177	177	178	177
177	177	177	178	178	Eclipse	177
177	177	Eclipse	177	177	177	148
178	177	177	177	177	Eclipse	Eclipse
177	148	177	148	177	177	177
177	Eclipse	Eclipse	Eclipse	177	Eclipse	Eclipse
177	176	178	177	177	177	177
177	Eclipse	Eclipse	177	148	177	177
148	178	177	177	Eclipse	177	177
Eclipse	Eclipse	177	Eclipse	177	148	178
177	177	177	177	177	Eclipse	177
177	Eclipse	177	177	148	177	177
148	177	148	148	Eclipse	177	177
Eclipse	Eclipse	Eclipse	Eclipse	177	178	177
177	177	177	177	177	177	148
177	177	Eclipse	177	177	177	Eclipse
Eclipse	177	177	178	Eclipse	177	177
177	148	177	177	178	148	178
177	Eclipse	178	177	Eclipse	Eclipse	Eclipse
Eclipse	178	177	177	176	177	177
178	Eclipse	177	148	Eclipse	Eclipse	148
Eclipse	177	148	Eclipse	177	178	Eclipse
177	177	Eclipse	177	178	Eclipse	177
177	Eclipse	177	178	177	176	177
178	177	177	177	148	Eclipse	Eclipse
177	177	177	Eclipse	Eclipse	177	177
177	177	Eclipse	177	177	178	Eclipse
177	148	177	Eclipse	177	177	177
148	Eclipse	177	177	Eclipse	148	Eclipse
Eclipse	177	178	Eclipse	177	Eclipse	177
176	Eclipse	148	177	Eclipse	177	177
Eclipse	177	Eclipse	177	177	Eclipse	178
177	Eclipse	177	177	Eclipse	177	177
177	176	177	148	177	177	177
178	Eclipse	Eclipse	Eclipse	178	Eclipse	148
148	177	177	178	148	178	Eclipse
Eclipse	177	177	Eclipse	Eclipse	Eclipse	500 d.C.

carácter impredecible de las condiciones atmosféricas y de la dificultad de observar eclipses de Sol con menos del 50% de parcialidad, tal vez no sea tan sorprendente que haya resultado tarea infructuosa. O quizás, como era la costumbre azteca (véase Aveni y Calnek, 1999), el amanuense fue instruido para dibujar sólo los eclipses especiales, aquellos que encajaran perfectamente en un lugar importante de la historia dinástica.

¿Cómo habría podido un astrónomo usar la tabla del siglo v que hemos desarrollado a fin de predecir eclipses de Luna? Al cabo de unas cuantas décadas de observaciones tabuladas habría sido claro que, una vez que ocurre un eclipse de Luna, había muchas probabilidades de que se produjera otro al cabo de 177 días, con margen de un día más o un día menos. Consultando el cuadro 19 encontramos que, en el siglo v, esa situación se presentó 43% de las veces en Yucatán. Por cada eclipse de Luna que dejó de ocurrir en la tabla 177 días después de un eclipse anterior, hubo ocho ocasiones en que sí se produjo uno tras el periodo adicional de 177 o 178 días (con un total de 354 o 355 días) y una en que hubo un eclipse luego de otro periodo de 148 días (con un total de 502 o 503 días). Esos casos ocurrieron en 12% de los 65 eclipses de Luna observables durante el siglo v. Lo mismo sería válido para los eclipses por ocurrir durante el siglo vi. Se puede apreciar que el astrónomo está en posibilidad de hacer una simple predicción, a saber, que una vez que se observa un eclipse de Luna, en el futuro inmediato un segundo eclipse será visible en una de las fechas siguientes: a) 177 días, b) 325 (177 + 148) días o c) 354 (177 + 177) días después. Nuestra útil tabla nos dice que con sólo tres fechas previstas, el astrónomo hará una predicción correcta más de la mitad de las veces (alrededor del 55% de ellas), lo cual no implica que la tabla se haya usado precisamente de ese modo. El ejemplo anterior demuestra que los observadores del cielo verdaderamente buenos pueden proyectar un sistema de previsión de eclipses en el corto plazo que pronosticará qué fecha será adecuada para los eclipses futuros.³³ Luego, con base en lo que ocurra realmente, pueden modificar sus predicciones.

La tabla del *Códice de Dresde* sugiere que los astrónomos mayas usaron sólo sumas de 177 y 148 para la predicción de eclipses. Ciertamente, debe de haberles sorprendido descubrir que un eclipse de Luna nunca ocurrirá al cabo de un intervalo en que no intervengan esos números. Extendiendo su base de observaciones a un periodo de tiempo prolongado, el astrónomo pronto pudo prever la posibilidad de un agrupamiento de eclipses en un lapso corto o tras largos periodos vacíos sin eclipses; por ejemplo, nótese el efecto de aglomeración entre el décimo y el vigésimo primer intervalos y entre el cuadragésimo segundo y el sexagésimo cuarto del cuadro 19, en donde los eclipses están separados por un número inusitadamente nutrido de intervalos cortos. El registro de las páginas 51-58 del *Dresde* se extiende a 33 años, o sea, alrededor de una tercera parte

³³ Es exactamente lo que hacían los astrónomos babilonios (véase Aveni, 1992a, p. 124).

de la base temporal empleada en el cuadro 19. Si ésa fuese la única tabla de eclipses hecha por los mayas, difícilmente tendríamos prisa por concluir que estaban en posibilidad de predecir eclipses lunares con alguna certeza. Pero sólo consideramos una pequeña muestra de lo que verdaderamente escribieron. Sin embargo, incluso con esos pocos fragmentos, desarrollamos cierto sentido apreciativo de la agudeza del antiguo astrónomo maya. La reducción de un ciclo cósmico completo a un par de números habría sido en su cultura una hazaña equivalente a la de Newton o Einstein y para aquella época debe de haber representado un gran salto en la comprensión de las fuerzas de la naturaleza.

En la tabla de eclipses del *Códice de Dresde* hay mucho más información que vale la pena examinar. Consideremos brevemente la parte ritual de las páginas 51-58. Entre los intervalos en días del bloque VII y los totales acumulativos del bloque VIII encontramos signos de días vinculados al calendario de 260 días. Se han escrito tres por cada columna (bloque IX). Dada su posición central y el considerable espacio que ocupan, debemos considerar que esos signos tuvieron gran importancia. Partimos de las fechas incluidas en las líneas 6-8, página 53a. Si contamos hacia adelante 177 días a partir de la fecha 12 Lamat (página 52a, 11F), llegamos a 7 Chicchán (página 53a, 7A). Ésta va seguida 177 días después de 2 Ik (7B) y la adición de 177 días más conduce a 7 Oc (7C), y así sucesivamente. Ésas deben ser las fechas del Tzol kin en que se produjeron las advertencias sobre eclipses; las fechas adyacentes, líneas 6 y 8, que difieren de aquéllas de la línea 7 en ± 1 día, parecen haberse concebido como correcciones de un solo día. Anotando las posiciones de las fechas registradas en la línea 7 de la rueda calendárica de 260 días (figura 57), encontramos que caen dentro de tres pequeños arcos espaciados de manera uniforme en torno a la rueda. Evidentemente, los mayas comprendían que sólo ciertas zonas de la rueda calendárica de 260 días eran vulnerables a los eclipses. A esos pequeños arcos se les podría considerar como zonas de advertencia sobre eclipses. A la luz de nuestra exposición sobre el posible origen del calendario de 260 días no debe sorprendernos encontrar que en ese patrón ocurran eclipses. Recordemos que el medio año de eclipses y la cuenta de 260 días se corresponden claramente entre sí:

$$3 \times 173.31 = 2 \times 260 = 520.$$

De ese modo, por cada dos rotaciones de la rueda del Tzol kin hay posibilidades de que tengamos tres eclipses de Luna espaciados a una distancia de dos tercios de rotación del Tzol kin. De producirse, un cuarto eclipse tendría lugar cerca del mismo punto de la rueda en que ocurrió el primero. (Los límites de la eclíptica producen una ligera variación.) Si los mayas se interesaban por la geometría de los nodos de la órbi-

ta lunar y gustaban de operar también con fracciones, bien podrían haber empleado una cuenta de $173\frac{1}{2}$ días. Pero, comparada con la de los astrónomos del mundo clásico, su orientación fue temporal y no espacial; de ese modo, adoptaron la fórmula lunar más evidente: 6 lunas = 177 días. La adición de 177 días luego de un eclipse daba por resultado un avance lento a lo largo de las zonas de advertencia sobre eclipses de la rueda calendárica. Cuando así se necesitaba, los astrónomos instruían a los amanuenses para que sustituyeran un intervalo de cinco lunas con 148 días por uno de 177, a fin de corregir aquel deslizamiento. Aparentemente, la recuperación de ciertas fechas del calendario ritual para los eclipses revestía para los mayas una importancia suprema.

El formato de las páginas iniciales de la tabla, las páginas 51a y 52a, difiere sustancialmente del que tiene el resto de la tabla de eclipses. A mitad de ambas páginas hay múltiplos de 405 lunaciones (bloque II), abajo de cada cual están cinco fechas de calendario ritual: 12 Lamat, 1 Akbal, 3 Etz'nab, 5 Ben y 7 Lamat (bloque III). Con ligeras variaciones, éstas se tabulan de 1 a 6, 16 a 18, 31 y 39 veces a lo largo de la tabla. Al primero, sexto y trigésimo primer múltiplos se agregan pequeños intervalos ($1\ 820 = 7 \times 260$; 120 días o un tercio de un Tzol kin; y 260 días, respectivamente), lo que ha llevado a los epigrafistas a referirse a ellos, y a los números formados de manera similar en otras tablas astronómicas, como números "aberrantes". Aún queda por resolver si estos números obedecen a errores de compilación (lo menos probable) o si tienen como propósito vincular la tabla con la entrada del Tzol kin apropiada que se refiera a advertencias de eclipses.

Abajo de la tabla de multiplicar aparecen cinco fechas calendáricas rituales: 12 Lamat, 1 Akbal, 3 Etz'nab, 5 Ben y 7 Lamat (bloque III). Son lubes o puntos de descanso en donde el usuario puede entrar en la tabla por la vía del ciclo de 260 días. El lub de la efemérides lunar que empieza en la página 53a parece ser 12 Lamat, con margen de un día más un día menos, según hemos sugerido con anterioridad. El testimonio de ese bloque de la tabla sugiere decididamente que el manuscrito se podía usar en un nuevo ciclo; de ese modo, los demás lubes incluidos en aquella página se podían emplear como puntos de entrada anteriores o posteriores en la cuenta ritual. Debido a su posición destacada al principio de la tabla, esos lubes deben de haber tenido una importancia primordial para los tenedores de calendarios mayas. Una vez más, el esquema en general subraya la obsesión de los mayas por la naturaleza cíclica.

Las cuatro fechas de la Cuenta Larga que aparecen en la página 52a (bloque I) han sido tema de muchas discusiones entre estudiosos de la epigrafía maya. Estos "números de serpiente" se entremezclan por pares en cada columna, una en rojo y otra en negro:

a) 9.16.4.10.8	(12 Lamat)	Col. F (negro)
b) 9.16.4.11.3	(1 Akbal)	Col. F (rojo)
c) 9.16.4.10.18	(3 Etz'nab)	Col. E (negro)
d) 9.19.8.7.8	(7 Lamat)	Col. E (rojo)

Las fechas *c)* y *d)* son claramente erróneas. Tal como está escrita, la fecha 9.16.4.10.18 contada a partir del principio de la época en curso tendría que ser 9 Etz'nab. No obstante, si suponemos que el amanuense omitió un punto en la segunda posición, el 3 Etz'nab de la cuenta de 260 días concuerda con la fecha de la Cuenta Larga (9.16.4.11.18).

Si la fecha *d)* de la Cuenta Larga está escrita correctamente, entonces la parte ritual debe ser 8 en vez de 7 Lamat. Thompson (1972*b*) sugiere que el amanuense en realidad quiso escribir una fecha 12 Lamat en esa posición (siendo la Cuenta Larga deseada 9.19.7.7.8), pero su mirada se distrajo a causa de la línea de varios 7 Lamat que hay a la izquierda. Como resultado cometió un error sustituyendo un 12 por un 7.

Aunque la fecha *d)* plantee un dilema, en las demás se manifiesta cierto orden. Nos damos cuenta de que la fecha *b)* sigue a la fecha *a)* a los 15 días y que la fecha *c)* sigue a la *b)* tras el mismo intervalo. Estas fechas tal vez señalen un eclipse de Sol en Luna nueva *a)* seguido por un eclipse de Luna la siguiente Luna llena y luego por otro eclipse de Sol en la siguiente Luna nueva. Es interesante señalar que los cinco lubes de las páginas 51a-52a también están separados por intervalos de 15 días. Ocasionalmente (cuatro veces durante el siglo v) la Luna llena que hubo inmediatamente después de un eclipse de Sol fue eclipsada a su vez. En una ocasión ocurrió un eclipse de Sol en la Luna nueva subsecuente a un eclipse lunar. Los acontecimientos apareados como ése, que se produjeron dentro del mismo mes sinódico lunar, habrían constituido una clara ruptura de la serie uniforme de 177 y 148 días, la cual puede haber exigido un ajuste en la distribución del calendario ritual. Al parecer, los tenedores calendáricos mayas expresaban esas correcciones mediante la Cuenta Larga, aunque en la actualidad todavía se nos escape el mecanismo preciso que emplearon.

Del otro par de fechas de serie inicial entremezcladas (que aparecen en la columna A de la página 51a), una es fecha del baktún 10, que una vez más parecería sugerir la búsqueda de un uso posterior de la tabla original. Se ha sugerido que la otra fecha es un lub del pasado remoto.³⁴

³⁴ Lo que resulta especialmente indiscutible acerca de esas fechas, a la luz de la hipótesis de los eclipses, es que caen en fechas en que realmente ocurrían eclipses o en fases de Luna llena o Luna nueva, por lo cual

a) 8 de nov. de 755 d.C.	Luna nueva
b) 23 de nov. de 755 d.C.	eclipse lunar

La tabla lunar es una maravilla de exactitud astronómica. En total registra 405 lunaciones, haciendo ese periodo igual a 11 958 días y dando por resultado un mes sinódico de 29.52592 días (según nuestro modo de razonar), que sólo difiere por siete minutos del valor actual. Más aún, la tabla puede volver a usarse. Para complicarlo todo, las necesidades rituales de los mayas los obligaron a incorporar en la tabla el ciclo de 260 días. El ciclo de $46 \times 260 = 11\,960$ días es un intervalo que se acerca notablemente a la concordancia con la tabla.³⁵ Cualquier múltiplo semejante de la rueda sagrada garantizaría que, luego de cada viaje por la tabla, el usuario regresara a su punto de descanso. Paradójicamente, ese ritualismo de los mayas, que nosotros podríamos percibir como un pesado lastre, fue también su fuerza motriz. De no tener la religión maya nexos astrológicos, los astrónomos habrían carecido de motivación para alcanzar tan grandes alturas. Aunque no podamos decir que comprendemos plenamente todos los sutiles refinamientos de su operación, esas páginas del *Códice de Dresde* siguen siendo un sólido testimonio del genio de los astrónomos mayas en su intento tanto por dominar una de las maravillas de la naturaleza como por condensar sus complejidades en un espacio tan reducido.

ASTRONOMÍA EN LOS CÓDICES MAYAS

III. VENUS

Nunca se exagerará la importancia que entre todos los planetas tuvo Venus para los mayas. Se le llamaba *noh ek* (gran estrella), *chac ek* (estrella roja), *sastal ek* (estrella brillante) y *xux ek* (estrella avispa). Los cronistas antiguos comentaron la inclinación de los mayas a observarlo. El fraile mexicano Motolinía nos dice que “rendían culto a esta

- c) 13 de dic. de 755 d.C. eclipse solar
- d) 8 de oct. de 818 d.C. Luna llena

La única fecha legible de la página 51a, de color negro, que se lee 10.19.6.1.8, corresponde al eclipse total de Luna del 13 de octubre de 1017 d.C., fecha más de tres siglos posterior a la primera fecha de la Cuenta Larga de la tabla. Otras referencias a eclipses aparecen en las partes inicial y final de un almanaque de 520 (= 2×260) días que figura en el *Dresde 38b-41b* (V. y H. Bricker, 1992). Aunque uno de los asuntos principales sea la agricultura (se representan sequías, lluvia intensa y siembras), esa tabla destaca la relación existente entre el medio año de eclipses y el Tzol kin ($3 \times 173.31 = 520 - 0^d .07$). Los Bricker (pp. 73-76) encuentran eclipses reales de fines del siglo VIII que concuerdan tanto con ese intervalo como con el periodo de entrada de la Cuenta Larga más remoto del *Dresde 51a*. También encuentran glifos de eclipse incorporados en la tabla estacional (pp. 66a y 68a) y en la tabla de Marte (figura 73); esos glifos pueden haberse incluido en la determinación de las fechas de entrada en las tablas. Finalmente, Hofling y O'Neil (1992) presentan un esquema en que se sugiere que las páginas de la “Diosa de la Luna” del *Códice de Dresde* tienen intercalados ciclos de eclipses, vinculando de ese modo esas páginas con las tablas de eclipses.

³⁵ También es un ciclo de eclipses muy bueno, como se puede apreciar con una mirada al cuadro 5. Los números 1 033, 1 565 y 2 598 (= 1 033 + 1 565), todos los cuales aparecen en la tabla del *Dresde*, también se citan en el cuadro 5.

estrella tanto como al Sol y le hacían más sacrificios que a cualquiera otra criatura celestial y terrena" (Nuttal, 1904, p. 498) y que "sabían qué día aparecería de nuevo en el este luego de perderse o de desaparecer en el oeste...; contaban los días por esta estrella, le tenían reverencia y le hacían sacrificios". En la actualidad, los mayas contemporáneos todavía la observan con detenimiento (Bruce, 1974; McGee y Reilly, 1997; B. Tedlock, 1992).

¿Por qué tanta atención a una sola luminaria? Una ojeada a nuestra exposición del capítulo III acerca de las observaciones de Venus desde la Tierra revela su naturaleza única. Además de Mercurio, es el único planeta brillante ligado estrechamente al Sol y obviamente influido en lo físico por él. Venus anuncia la salida del Sol por la mañana o surge de las cenizas de la luminaria solar extinta al caer la noche (Séjourné, 1976). El simbolismo de Venus se ha identificado en todo tipo de inscripciones, como textos, vasijas y estelas. Pero el máximo logro de la astronomía maya de Venus seguramente reside en el *Códice de Dresde*.

Thompson ha llamado a la tabla de Venus que aparece en las páginas 24 y 46 a 50 del *Códice de Dresde* "un producto sutil y mecánicamente hermoso de la mentalidad maya" (1972a, p. 62). No obstante, nos advierte que, como en la tabla lunar, la disposición general de esas páginas demuestra que a los mayas no les interesaba glorificar su propio logro intelectual y que en cambio preferían venerar a sus dioses. Una parte de esa tabla se muestra en la figura 69a, cuyo ordenamiento general es notablemente similar al de las tablas de eclipses de la figura 68a, como lo revela una comparación de los diagramas esquemáticos de las figuras 68b y 69b.³⁶ Es probable que su función también haya sido la misma: servir de tabla de advertencia, en este caso acerca de ciertos aspectos de Venus. Como en las tablas lunares, la página inicial es un manual del usuario que consiste principalmente de múltiplos de la longitud de la tabla y de fechas de la Cuenta Larga correspondientes al lub o punto de entrada en la tabla. La mayoría de las tablas restantes tratan del ritual de Venus. La página inicial es una larga cadena de fechas importantes del calendario de 260 días relativas al planeta y a los dibujos que las acompañan. Los intervalos y sus totales aparecen en los registros inferior y superior, respectivamente, como en las tablas de eclipses. El argumento es el mismo, una reposición de las páginas 51 a 58, pero con un personaje distinto en el papel principal.

Consideraremos primero las páginas 46 a 50 (sólo se muestran las páginas 46 y 47). Los cuatro números inferiores (bloque VII), escritos en rojo, se repiten idénticamente en cada una de estas páginas. Son los números 236, 90, 250 y 8. Sigue un dibujo (bloque VI) y luego se repiten los mismos cuatro números. Los puntos y barras negros de un poco más arriba (bloque VIII) dan los totales acumulados: 236, 326 (= 236 + 90),

³⁶ Hemos tratado de clasificar de manera semejante las categorías de información contenidas en las figuras 68 y 69. De ese modo, I se vincula a fechas de la Cuenta Larga y VI a dibujos.

576 (= 326 + 250), 584 (= 576 + 8), 820 (= 584 + 236) y así sucesivamente. Hacia principios del siglo XIX, un bibliotecario alemán, Ernst Förstemann (1901), reconoció que 584 días representan una excelente aproximación del periodo sinódico promedio de Venus que, como han descubierto los astrónomos modernos, es de 583.92 días (véase capítulo III); en consecuencia, Förstemann formuló la hipótesis de que estas páginas representan un almanaque de Venus. En apoyo de esta hipótesis, los dibujos intermedios de los tres, que aparecen al lado derecho de cada página, muestran diversas representaciones agresivas de Kukulkán, el dios Venus.³⁷ La deidad aparece (bloque VI-2) alanceando a diferentes víctimas que se aprecian en los dibujos inferiores (bloque VI-3). Los mayas creían que ciertos peligros se vinculaban al orto heliaco de Venus tras la conjunción inferior, momento en que sus rayos brillantes perforaban la atmósfera como flechas que causaban la muerte, la peste y la destrucción. Los mayas lacandones contemporáneos lo llaman “el destructor brillante” (Bruce, 1974, p. 80).

A juzgar por el contenido de los glifos de la sección IV de la figura 69b, al parecer poca duda cabe de que los días infaustos se asociaban al orto heliaco de Venus, ocasiones que iban acompañadas de un ritual correspondiente. En cada caso, el dibujo de la parte superior (bloque VI-1) se refiere a algún tipo de augurio que acompaña a todo acaecimiento heliaco.

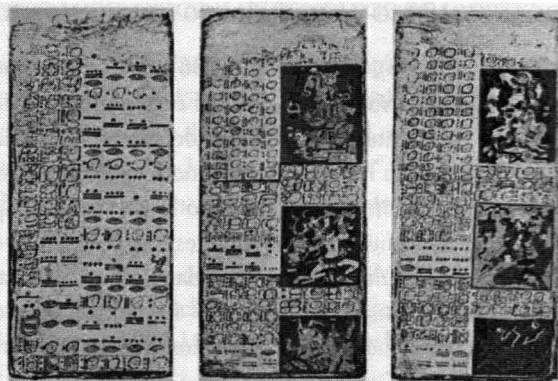
¿Podemos valernos de los números contenidos en esas páginas para trazar el movimiento de Venus? El periodo sinódico del planeta se representa cinco veces a lo largo de las páginas 46-50. Si se sigue totalmente una vez la tabla es útil para un total de $5 \times 584 \text{ días} = 2920 \text{ días}$, o sea, exactamente ocho haabs (7.995 años trópico).

En cada una de las páginas, el periodo de Venus se escinde en cuatro intervalos (bloque VII), probablemente con la intención de que correspondieran con a) su visibilidad como estrella matutina (236 días), b) su invisibilidad en la conjunción superior (90 días), c) su visibilidad como estrella vespertina (250 días) y d) su invisibilidad en la conjunción inferior (ocho días).³⁸

³⁷ Quetzalcóatl, equivalente azteca de Kukulkán, ha sido identificado con Tlahuizcalpantecuhtli, el “Señor de la Casa del Alba”, que es Venus como estrella matutina.

³⁸ En cambio, Motolinía (1903) nos dice que los mexicanos del centro tenían 260 días (cerca al intervalo real tabulado en el cuadro 6) para las apariciones de la estrella matutina y vespertina. En algunos cuartos se contaban 273 días (Seler, 1904c, p. 359). Es de preguntarse si Motolinía no confundía ese intervalo con el famoso ciclo ritual o si el periodo de Venus pudo haber contribuido a la creación del ciclo ritual.

Tanto se ha escrito acerca de esos curiosos intervalos que es obligado hacer un breve resumen. 1) si vinculamos los intervalos $a + b$ tenemos $236 + 90 = 326$, que se puede considerar una cercana aproximación a 12 meses siderales lunares; 2) la suma de 177 y 148 ($6 + 5$ meses sinódicos lunares), dos números conocidos por la tabla de eclipses examinada con anterioridad, aproximadamente da por resultado el mismo periodo; 3) el cálculo de Venus mediante las fases lunares se ha estudiado en el capítulo III y a ese respecto he demostrado que los acaecimientos de la tabla de Venus se correlacionan muy bien con los eclipses visibles durante el periodo en que probablemente operó la tabla (Aveni, 1992b); 4) Lounsbury (1992b, pp. 212-214) explica esos intervalos en tanto que son posicionadores para el principio de la migración de Venus a partir de su día asignado de orto heliaco como estrella de la mañana en el Tzol kin; y, finalmente, 5) con base en la idea



a

Instrucciones y tabla de corrección
página 24

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
	A	B	C	D	E	F	G

Empieza tabla de Venus
página 46

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
	A	B	C	D	E	F	G

página 47

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
	A	B	C	D	E	F	G

b

FIGURA 69. a) Segmento de la tabla de Venus en el Códice de Dresde, pp. 24, 46, 47 (Thompson 1972b; cortesía de American Philosophical Society, Filadelfia). b) Análisis esquemático de la tabla:

- I. Fechas de la Cuenta Larga
- II. Múltiplos de longitud de la tabla
- III. Números de anillo y lubes
- IV. Glifos de augurio y presagio
- VI. Dibujos de Venus: 1, Augurio relativo a la aparición de Venus; 2, Venus aparece alanceando a una víctima; 3. Víctima alanceada)

- VII. Intervalos de aparición y desaparición de Venus
- VIII. Acumulativos
- IX. Fechas del calendario ritual
- X. Símbolos de Venus; glifos direccionales y glifos diversos.

Remitiéndonos a nuestra exposición astronómica acerca del desplazamiento evidente de Venus, hacemos notar que sólo uno de los intervalos señalados en el *Código de Dresde* se acerca a la realidad: el intervalo de desaparición medio de ocho días en las proximidades de la conjunción inferior. Es interesante señalar que ése es también el único intervalo de Venus acerca del cual existe una documentación bibliográfica directa. Por ejemplo, en un pasaje de los *Anales de Cuauhtitlán* del Altiplano Central mexicano leemos que

en el momento en que el planeta era visible en el cielo (como estrella vespertina) moría Quetzalcóatl. Y cuando Quetzalcóatl había muerto no se le veía durante 4 días; dicen que entonces moraba en el inframundo y por espacio de 4 días más era hueso (es decir, estaba demasiado débil); la gran estrella no aparecía hasta pasados los 8 días; esto es, como estrella matutina. Decían que entonces Quetzalcóatl ascendía al trono como dios [Seler, 1904c, pp. 364-365].

Sahagún es más específico acerca de la reaparición de Venus. Este cronista nos dice que cuando el planeta aparece en el este “hace cuatro arremetidas”, brillando sólo un poco durante las tres primeras, pero saliendo en la cuarta con todo su brillo y prosiguiendo su curso.

La significación ritual de las páginas 46-50 es subrayada, como en el caso de las páginas 51-58, por la abundancia de fechas de Tzol kin que predominan en la mayor parte del resto de la tabla. Las examinamos a continuación con ayuda del cuadro 20 que transcribe una parte de ellas.

de que el conocimiento astronómico de los mayas puede estar oculto en algún complejo ritual, Gibbs (1977) ha elaborado un esquema que sugiere el modo en que los astrónomos mayas pueden haber alterado sus observaciones de Venus a fin de que concordaran con el calendario ritual, dando así por resultado los intervalos de Venus de apariencia poco natural que aparecen en la tabla. Gibbs señala que la parte ritual consiste de cinco días con nombre (Kan, Lamat, Eb, Cib y Ahau) y cinco días más situados exactamente a media distancia entre ellos (Cimí, Oc, Ix, Etz'nab e Ik). Independientemente de las razones para seleccionarlos, ésas deben de haber sido las fechas en que los astrónomos se vieron obligados a consignar las observaciones en la tabla con el propósito de llegar en la fecha adecuada a escenificar las ceremonias religiosas y a enunciar los pronósticos astrológicos que habrían acompañado la aparición y la desaparición del planeta. Gibbs ha demostrado que los intervalos dados en la tabla son precisamente los que caen más cerca de la observación real de la aparición y la desaparición de Venus y que al mismo tiempo permiten que la observación oficial de esos acaecimientos tengan lugar los días asignados en el calendario de 260 días. Su argumento es muy sensato en vista del descubrimiento de B. Tedlock (1982) de que los mayas quichés contemporáneos todavía usan su calendario de 260 días exactamente de la misma manera, vinculando ciertos días con nombre a pronósticos desfavorables. La celebración de las observaciones reales de Venus en días especiales con nombre, que no necesariamente tienen que coincidir con el fenómeno real, es más bien como nuestra costumbre de asignar oficialmente ciertos días de fiesta (por ejemplo, el Día de los Caídos) al lunes de la semana que les correspondería normalmente. Todas esas coincidencias revelan mejor los intentos mayas por unificar el calendario integrando todos los ciclos celestiales posibles en sus almanaques astronómicos. Finalmente, vale la pena señalar que los babilonios también contaban un intervalo de desaparición de tres meses, indicando así que el planeta se desplazaría aproximadamente una cuarta parte de la distancia alrededor de su órbita en el año trópico (Pannekoek, 1969, p. 33).

Las líneas 1-13 (bloque IX) dan las fechas de la rueda calendárica de las diversas "estaciones" o apariciones de Venus. Su lectura empieza con un orto heliaco en 1 Ahau, que pone fin a la tabla (página 50, columna D, línea 13 que no se muestran), y retrocede hasta el principio (página 46, A1), avanzando de allí hacia la derecha, como se muestra en el cuadro 20 (algunas líneas se han borrado en el documento original). Como la tabla de eclipses, la de Venus también es reutilizable. De ese modo, el último orto heliaco que pone fin a la tabla se produjo en el lub 1 Ahau. Luego de una aparición de 236 días como estrella matutina, Venus desapareció detrás del Sol el día 3 Cib. Luego se perdió de vista durante 90 días y regresó como estrella vespertina el 2 Cimí, permaneciendo en el cielo de occidente después del ocaso por espacio de 250 días. La desaparición de ocho días empezó el 5 Cib y fue seguida por otro orto heliaco el 13 Kan y así sucesivamente. Esta serie termina en la página 50, línea D13, con 1 Ahau. Si a esa fecha le sumamos 236, regresamos a 3 Cib y la tabla se puede volver a usar tal como está.

La página 24 del *Dresde*³⁹ es a la tabla de Venus lo que las partes superiores de las páginas 51a y 52a son a la tabla de eclipses. Esta página introductoria contiene información que fija el punto de partida de la efemerides de Venus tanto en términos de los lubes del calendario ritual como de la Cuenta Larga. También incorpora una tabla de multiplicar como ayuda para empezar un nuevo ciclo del calendario de Venus.

Como leídas a lo largo de una simple línea en el calendario ritual las páginas 46-50 son válidas para 2 920 días de observaciones de Venus, podríamos anticipar que en la página introductoria una tabla útil consistiría de múltiplos de ese número. Eso es exactamente lo que encontramos en el bloque II de la figura 69b. Empezando en el ángulo inferior derecho de la página 24 y procediendo a la izquierda, leemos en el bloque II-1:

Col. G. 8.2.0	= 1 x 2 920	= 2 920	8 Ahau ⁴⁰
Col. F. 16.4.0	= 2 x 2 920	= 5 840	4 Ahau
Col. E. 1.4.6.0	= 3 x 2 920	= 8 760	12 Ahau
Col. D. 1.12.8.0 ⁴¹	= 4 x 2 920	= 11 680	7 Ahau

Pasando arriba al bloque II-2, continuamos la serie con los múltiplos quinto a octavo de 2920: G. 14 600, F. 17 520, E. 20 440, D. 23 660. Arriba de éstos, en el bloque II-3, encontramos los múltiplos noveno a décimo segundo: 26 280, 29 200, 32 120, 35 040.

³⁹ Esta página, que originalmente precedía a las páginas 46-50 y se encontró desprendida, fue numerada erróneamente por estudiosos modernos.

⁴⁰ Debería ser 9 Ahau. Es evidente que el amanuense cometió un error.

⁴¹ Este número fue alterado por Thompson; en la tabla es 1.12.5.0.

Si una vez más agregamos al último número 2 920 llegamos al número que representa 13 recorridos de la tabla, o sea, 37 960. Como el ciclo de Venus de 584 días y el calendario de 260 días se relacionan mediante la ecuación

$$146 \times 260 = 65 \times 584 = 37\,960 \text{ días} = 5.5.8.0,$$

podemos esperar que una estación de Venus, por ejemplo, un orto heliaco, se repita en una fecha de rueda calendárica dada después de ese lapso. Este intervalo también resulta ser de 104 haabs o dos ruedas calendáricas completas. Como los cronologistas de la cuenta de los días intentaban vincular los ciclos astronómicos con el calendario ritual, debieron de sentirse muy satisfechos por encontrar que de sus cálculos surgía esa cantidad conmensurable adicional.

Ahora bien, resulta peculiar la siguiente serie de números (bloque II-4)⁴² de la página 24:

Col. G 1.6.0.0 ⁴³ 1 Ahau = 9 360 días	= 16 revoluciones de Venus (de 584 días) más 16 días
Col. F 4.12.8.0 1 Ahau = 33 280 días	= 57 revoluciones de Venus menos 8 días
Col. E 9.11.7.0 1 Ahau = 68 900 días	= 118 revoluciones de Venus menos 12 días (= 61 RV – 4d + 57 RV – 8d)
Col. D 1.5.14.4.0 1 Ahau = 185 120 días	= 317 revoluciones de Venus menos 8 días.

A Teeple (1930) corresponde el honor de haber sido el primero en sugerir que la intención de esos números “aberrantes” era hacer concordar la tabla con las observaciones reales de Venus.

⁴² El bloque II-5 se ha borrado en su totalidad. M. Closs (1977) ha propuesto la siguiente lectura:

Col. G	5.5.8.0 (1 Ahau) + 37 960 días + 65 revoluciones de Venus
Col. F	10.10.16.0 (1 Ahau) + 75 920 días + 130 revoluciones de Venus
Col. E	15.16.16.0 (1 Ahau) + 113 880 días + 195 revoluciones de Venus
Col. D	1.1.1.14.0 (1 Ahau) + 151 840 días + 260 revoluciones de Venus.

⁴³ El ojo alerta notará que 1.5.5.0 (no 1.6.0.0) es el número que realmente aparece en las líneas 6-8, columna G de la tabla. Fue alterado por Thompson —quien supuso que el amanuense había cometido un error— con objeto de hacer corresponder las observaciones reales de Venus con las predicciones basadas en la tabla. En análisis de M. Closs (1977) propone un esquema de corrección que usa 1.5.5.0 original junto con otros tres números, una vez cada uno. Mientras que Thompson (1972b) y, antes que él, Teeple (1930) analizaron la página 24 como un mecanismo para cambiar la base de la tabla de Venus, Closs considera la página de correcciones como un medio de obtención de fechas, concepto que, según indica él, va más de acuerdo con la idea de que las tablas fueron concebidas como manual práctico para que el sacerdote profano determinara el momento adecuado para hacer ciertos augurios vinculados a la aparición y la desaparición del planeta en el horizonte. Para un análisis más a fondo de este sorprendente número, y en particular su relación con el problema de la correlación calendárica, véase Lounsbury, 1992b.

CUADRO 20. Esquema de la parte del calendario ritual (bloque IX) de la tabla de Venus contenida en el Códice de Dresde

Operación	Línea	46A	46B	46C	46D	47A	47B	50D
1 Ahau + 236 = (50D, 113)	1	3 Cib (+ 90 =)	2 Cimí (+ 250 =)	5 Cib (+ 8 =)	13 Kan (+ 236 =)	2 Ahau (+ 90 =)	1 Oc etc. →	9 Ahau
9 Ahau + 236 = (50D, 11)	2	11 Cib (+ 90 =)	10 Cimí (+ 250 =)	13 Cib (+ 8 =)	8 Kan (+ 236 =)	10 Ahau (+ 90 =)	9 Oc etc. →	4 Ahau
4 Ahau + 236 = (50D, 12)	3	6 Cib (+ 90 =)	5 Cimí (+ 250 =)	8 Cib (+ 8 =)	3 Kan (+ 236 =)	5 Ahau (+ 90 =)	4 Oc etc. →	12 Ahau
12 Ahau	4							
Ahau	5							
2 Ahau	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	7	todos los días	todos los días	todos los días	todos los días	todos los días	todos los días	todos los días
	8	Cib	Cimí	Cib	Kan	Ahau	Oc	Ahau
	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	10							
	11							
	12							
6 Ahau + 236 = (50D, 112)	13	8 Cib (+ 90 =)	7 Cimí (+ 250 =)	10 Cib (+ 8 =)	5 Kan (+ 236 =)	7 Ahau (+ 90 =)	6 Oc etc. →	1 Ahau

Apreciamos que 65 revoluciones reales de Venus (cada cual con promedio de 583.92 días) se acercan más a 37 955 días que los 37 960 días de la longitud planeada de la tabla. Esto significa que, al cabo de dos ruedas calendáricas, se produciría un desfase de cinco días entre el momento real del orto heliaco del planeta y el predicho por la tabla. Pero el tenedor del calendario pudo haberse valido de esos números para arreglar el desfase de una manera sumamente ingeniosa.

Uno de los lubes de la tabla era 1 Ahau (18 Kayab). Éste aparece luego de la primera fecha de la Cuenta Larga en la columna C, líneas 19 y 20, de la página 24. A partir de ese punto (página 50, columna D, líneas 13 y 20) se empieza a contar un nuevo ciclo. Es claro que la recuperación del lub 1 Ahau en el Tzol kin debe de haber sido sumamente importante. Los tenedores del calendario habrían necesitado encontrar una manera de hacer que el orto heliaco de Venus ocurriera ese día en los ciclos subsecuentes. ¿Cómo lograrlo? Tomando la fecha base de 1 Ahau 18 Kayab y agregando en "intervalo aberrante" $4.12.8.0 = 57$ revoluciones de Venus menos ocho días, se puede llegar a la fecha de rueda calendárica de 1 Ahau 18 Uo, recuperando el lub y al mismo tiempo haciendo una corrección parcial a la tabla de Venus. Así:

$$\begin{array}{ll} 57 \text{ revoluciones reales de Venus} & = 33\,283.4 \text{ días (observados)} \\ 57 \times 584 & = 33\,288.0 \text{ días (tabla no corregida)} \\ 57 \times 584 \text{ menos } 8 \text{ días} & = 33\,280.0 \text{ días (tabla corregida)} \end{array}$$

Ahora bien, esta corrección a decir verdad hace que la tabla quede unos días detrás de las observaciones reales; esto es, se trata de una corrección excesiva.

Pero, de acuerdo con Thompson (1972b), eso era sólo parte del programa de correcciones. En los cuatro ciclos siguientes a lo largo de la tabla, el cronologista calendárico restaba cuatro días al final de la sexagésima primera revolución de Venus (para recuperar la importantísima fecha del lub 1 Ahau sólo se podían usar múltiplos de cuatro). De ese modo, imagínese que el usuario empieza en el segundo ciclo de la tabla con 1 Ahau 13 Mac (página 50, columna D, líneas 13 y 14). Se cuentan 61 revoluciones, terminando en 5 Kan 7 Xul (página 46, columna D, líneas 13 y 14), resta cuatro días, llegando así a 1 Ahau tres Xul (página 50, columna D, líneas 13 y 24), y regresa al principio de la tabla para el ciclo 3. Según Thompson (1972b, p. 63), la receta completa para corregir la tabla era ésta: en el primer ciclo de la tabla, deténgase en la revolución 57 y reste ocho días. Luego vuelva al principio de la tabla. En el segundo, tercero, cuarto y quinto ciclos, deténgase en la revolución 61 y reste cuatro días, volviendo cada vez al principio de la tabla. Así, al cabo de 301 revoluciones de Venus ($= 57 + 61 + 61 + 61 + 61$) se habrán restado 24 días. Ahora bien, 301×584 menos 24 días son 175 760 días y 301 revoluciones reales de Venus son 175 759.92 días. La

efemérides de Venus corregida coloca al usuario ¡a dos horas de su posición real en el cielo al cabo de 301 revoluciones del planeta (o sea, 481 años)! Con ese juego de correcciones, la tabla se podía haber usado indefinidamente. Una vez más, un logro de ese tipo de exactitud es verdaderamente extraordinario.⁴⁴

Sin embargo, el comportamiento del astrónomo maya en la realización de sus cálculos de Venus parece paradójico. Los astrónomos tanto modernos como antiguos saben que si bien el periodo sinódico de Venus promedia 583.92 días, un periodo determinado puede ser tan largo como 587 días o tan corto como 581. Por consiguiente, las fluctuaciones entre la tabla y las observaciones muchas veces podían haber variado unos cuantos días. Pese al rigor con que los astrónomos hacían concordar el promedio de sus observaciones en el largo plazo, su tabla no indica que prestaran ninguna atención a las desviaciones en el corto plazo. Para el espíritu moderno esto parece desconcertante, aunque evidentemente no preocupara a los mayas. Al parecer, ellos deseaban falsificar sus observaciones planetarias en el corto plazo con objeto de hacer que el desplazamiento de los planetas concordara con el calendario ritual. Podemos imaginar sus cálculos de corto plazo como movimientos promedio. Sus tablas sólo eran verdaderas efemérides astronómicas consideradas en el largo plazo.

El enfoque de Lounsbury (1978) en la evaluación de correcciones de la tabla de Venus se apoya en la hipótesis de que los cronologistas mayas sólo buscaban escorzos de la magnitud necesaria para situar otra fecha de 1 Ahau en el documento, fecha que al mismo tiempo pudiera remediar el error de observación en el orto heliaco de Venus. La santidad de la fecha se mantenía, nos dice Lounsbury, porque "Uno Ahau" era el nombre del gran personaje de la mitología maya que representaba a Venus. Ese investigador encuentra intervalos óptimos entre combinaciones de las tres fechas base de la rueda calendárica escritas en la tabla (1 Ahau 13 Mac, 1 Ahau 18 Kayab y 1 Ahau 3 Xul [p. 24, última línea]), y así deduce la mayoría de las cantidades tabuladas en el bloque II de la tabla de multiplicar que aparece en la página 24. Su análisis, demasiado detallado para consignarse en estas páginas, incluye muchos más aspectos de la tabla y produce el mismo resultado sorprendente en el terreno de la exactitud astronómica: que los astrónomos mayas habían logrado tabular el movimiento de Venus con una aproximación de .08 días en 481 años. El esquema de Lounsbury también posee la ventaja adicional de que los muchos intervalos derivados en su programa de correcciones muestran la propiedad de conmensurabilidad tan común entre los números calendáricos mayas importantes.

⁴⁴ Este esquema para corregir el desplazamiento de Venus es comparable con nuestra manera de corregir el movimiento del Sol respecto al calendario estacional instituyendo un año bisiesto. Ambas formalidades demandan la adición o la supresión de un número determinado de días seguida de la institución de una fórmula para calcular ciclos futuros. Para una comparación más detallada véase Aveni, 1987c.

En la página 24, bloque I, encontramos un par de fechas de la Cuenta Larga (9.9.16.0.0 y 9.9.9.16.0) que nos ofrecen cierta información acerca del momento en que pudo haberse usado la tabla de Venus. Atado en un lazo para llamar la atención, también aparece el número 6.2.0 (bloque III). Por estar encerrado en un círculo se le ha llamado “número de anillo”. Habitualmente, un número de anillo se agrega a una fecha base de la Cuenta Larga anterior para dar una fecha posterior. En este caso, la intención era agregar el número de anillo a una fecha previa a 0.0.0.0.0 4 Ahau 8 Cumku con objeto de llegar a ésta, que marca el principio de la época actual. Thompson (1972b, p. 62) sugiere que la adición puede haber sido de la manera siguiente:

$$\begin{array}{r} 12.19.13.16.0 \quad 1 \text{ Ahau } 18 \text{ Kayab (época anterior que no se muestra)} \\ + \quad \quad \quad 6.2.0 \\ \hline 0.0.0.0.0 \quad 4 \text{ Ahau } 8 \text{ Cumku (principio de la época actual).} \end{array}$$

Por consiguiente,

$$\begin{array}{r} 12.19.13.16.0 \\ + \quad \quad \quad 9.9.16.0.0 \\ \hline 9.9.9.16.0 \quad 1 \text{ Ahau } 18 \text{ Kayab (fecha en que empieza la tabla, p. 24, col. II).} \end{array}$$

La elección de este número de días luego de la fecha cero de la Cuenta Larga como principio de la tabla (al menos cuatro siglos antes de escribir la edición del *Códice de Dresde* que aún existe), pudo ser dictada por el hecho de que es número entero múltiplo de 584 365 y 260.

El número 9.9.16.0.0 (= 1 366 560) muestra la asombrosa capacidad de ser divisible entre una gran variedad de números importantes del calendario maya, como ha demostrado Lounsbury (1978). De ese modo,

$$\begin{aligned} 9.9.16.0.0 &= 260 \times 5\,256 \text{ (Tzol kin)} \\ &= 365 \times 3\,744 \text{ (Haab)} \\ &= 584 \times 2\,340 \text{ (periodo sinódico de Venus)} \\ &= 780 \times 1\,752 \text{ (triple Tzol kin o periodo sinódico de Marte)} \\ &= 2\,920 \times 468 \text{ (cinco veces el periodo sinódico de Venus)} \\ &= 18\,980 \times 72 \text{ (rueda calendárica)} \\ &= 37\,960 \times 36 \text{ (doble rueda calendárica)} \end{aligned}$$

Por eso él lo llama el “supernúmero del código” (p. 787). Lounsbury también ha explicado que muchos números de la Cuenta Larga contenidos en el *Códice de Dresde*

se descomponen en gran cantidad de factores primos bajos. Al parecer, fueron “ideados” para usarse en la tabla a causa de su naturaleza a la vez matemática y astronómica.⁴⁵

Si 9.9.9.16.0 representa la fecha de instalación de la tabla, esperaríamos que una de las estaciones de Venus, especialmente el orto heliaco, coincidiera con ella. Pero cuando transcribimos el “supernúmero” a notación cristiana (en el apéndice B se esboza un método simple para hacerlo) encontramos que precede al orto heliaco de Venus por unos 16 días, intervalo demasiado largo para atribuirlo a la incertidumbre de las observaciones. Lounsbury (1983) sostiene que, por el contrario, la tabla fue instalada tres grandes ciclos después (la longitud de la tabla de Venus, 37 960 por tres), en la fecha 10.5.6.4.0 = 20 de noviembre de 934.⁴⁶ Precisamente aquella mañana (1 Ahau, 18 Kayab, según está escrito en la tabla) Venus, a decir verdad, apareció heliacamente. Lounsbury plantea que, antes de esa fecha, los mayas habían usado 584 para hacer concordar el periodo de Venus, pues aún no habían descubierto el déficit de 0.08 días entre el periodo sinódico real y su valor canónico de 584 días.

El propio documento del *Dresde* data de cerca de dos siglos después de la fecha del ciclo 10 e indudablemente es una copia de la edición revisada de una efemerides más antigua; imagínese el problema que hasta entonces habían enfrentado los astrónomos al intentar concebir una metodología confiable para prever la muy importante reaparición de Venus en el cielo precrepuscular del este, tras su breve ausencia de la visibilidad alrededor de la conjunción inferior. De acuerdo con lo que plantea Lounsbury, los astrónomos no reconocían la necesidad de cambiar de bases (esto es, de suprimir algunos días debido al déficit) a fin de mantener la fecha inicial de 1 Ahau en fase con los fenómenos observables de Venus. Lounsbury sugiere que los astrónomos mayas se aplicaron primero a una secuencia de esquemas de corrección sólo cuando había transcurrido todo un gran ciclo después de la institución de la tabla.

La hipótesis que plantea Lounsbury cobra sentido por la manera en que vincula la realidad histórica con la astronómica. Si adoptamos su fecha inicial de 10.5.6.4.0 1 Ahau 18 Kayab, encontramos que la corrección estándar da por resultado tres cam-

⁴⁵ Aparentemente, las tablas de eclipses y de Venus están yuxtapuestas por razones que trascienden la pura taxonomía. Por ejemplo, Spinden (1930, p. 92) ha señalado que el calendario *lunar* formal de 11 960 días une puntos significativos del calendario de Venus, por ejemplo, 1 Ahau 18 Kayab (una de las fechas de rueda calendárica escritas en la tabla de Venus) más 11 960 días es igual a 1 Ahau 13 Mac, otra fecha de rueda calendárica tabulada. Spinden demuestra que el mismo 11 960 (lo recordaremos como la longitud de la tabla de eclipses del *Códice de Dresde*, pp. 51-58) puede estar vinculado a la fecha inicial de la tabla, 9.9.9.16.0. Para ahondar en la relación existente entre estas tablas yuxtapuestas véase Smiley, 1973, y Aveni, 1992b.

⁴⁶ Lounsbury usa la correlación de Thompson modificada para llegar a esa fecha. La correlación GMT que hemos adoptado (véase apéndice B) da el 18 de noviembre, dentro del error de observación para detectar fenómenos de orto y ocaso heliacos.

bios de base adicionales (1 Ahau 18 Uo, 6 de diciembre de 1129; 1 Ahau 13 Mac, 15 de junio de 1227; y 1 Ahau 3 Xul, 22 de diciembre de 1324), cada uno de los cuales nuevamente hace coincidir de manera casi precisa la tabla con el acaecimiento real de los fenómenos de Venus, para cuya conmemoración supuestamente estaba concebida. En el primer cambio de base se exige una doble corrección de ocho días para reducir así el error tabular de 9.4 a un margen de 1.4 días de realidad astronómica. En el segundo cambio, se necesita una sola corrección de cuatro días; ésta reduce el error de 6.2 a 2.2 días y, en la tercera ocasión, un error de 7.2 días se reduce a 3.2 días. Para entonces, cuatro siglos después de que la tabla fuera instituida (muy entrado el Periodo Posclásico), los mayas evidentemente abandonaron la necesidad de revisar más la tabla a fin de adaptar la omnipresente aunque un tanto retrasada desviación. En la figura 70 se traza el esquema de Lounsbury.

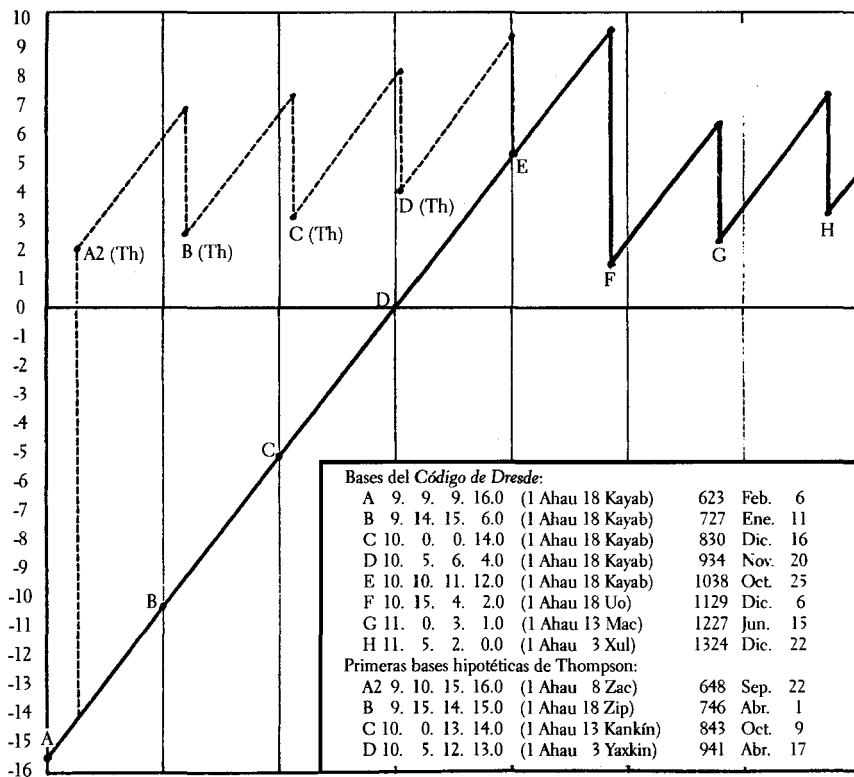


FIGURA 70. Esquema de Lounsbury (1983) para predicciones de Venus (línea continua) contra la antigua secuencia base de Teeple y Thompson (línea punteada).

Nuestro examen de la tabla de Venus en el *Códice de Dresde* concluye con una breve descripción de las partes restantes de la tabla (principalmente a partir del bloque X). En las páginas 46-50:

Líneas 14, 20 y 24: Estas páginas dan posiciones alternas de Haab, que pueden igualarse con las posiciones de la rueda del Tzol kin dadas en las líneas 1-13 de la columna apropiada. Así, la entrada completa de la rueda calendárica para la página 46, columna C, línea 13, sería 10 Cib 19 Tzec, 10 Cib 4 Yax o 10 Cib 14 Pax.

Líneas 18 y 22: Förstemann (1901) llamó “el glifo de Venus” a estos símbolos repetidos y a sus variaciones, aunque en otros contextos puedan significar “estrella matutina”, “estrella vespertina” o simplemente “estrella”. Con frecuencia, esos símbolos se encuentran en asociación glífica con un signo cuyo significado se interpreta como “rojo” (*chac* en yucateco), de ese modo, *chac ek*, “estrella roja”, es un nombre común de Venus en toda Mesoamérica. Los mismos símbolos se encuentran esculpidos en piedra, por ejemplo, en el Palacio del Gobernador de Uxmal y en el Templo 22 de Copán, que muestran orientaciones hacia Venus (véase capítulo v).

Líneas 16 y 23: Los glifos de direcciones del mundo (norte, sur, este, oeste) se repiten en orden variado. Evidentemente, las apariciones sucesivas de Venus eran asociadas a diferentes cuartos del horizonte.

Los glifos descritos en el bloque IV (figura 69) ofrecen fuertes indicios, como la tabla de eclipses, acerca de los usos a los que estaba destinado todo este preciso conocimiento astronómico. En la página 50 dicen:

Uno Aha(u) gran estrella
 estómago del Señor Sol de piedra
 fin de los días
 fin de los años
 el augurio de los cuatro
 exceso de alimento y agua
 diademas blancas
 la profecía
 para los asientos
 —————
 atada al este
 está Kakatunal, la gran estrella.
 El Dios Q? es alanceado
 sepultados están los dioses
 sepultados están los linajes reales
 sepultado está el Dios del Maíz

 mes de diez lunas
 su entierro
 dos ??? el entierro de
 blanco ??, el entierro de
 los extranjeros
 del oeste. (Schele y Grube, 1997, p. 156.)

Para resumir, en la figura 71 transcribimos una parte de la página 46 de la tabla para mostrar cómo se leía realmente.

Dada la escasez de documentos precolombinos, si el *Códice Grolier* es auténtico, su contenido tiene gran importancia en el campo de las astronomía maya, pues al parecer forma parte de un calendario de Venus de aquella época. La parte de los fragmentos de 12 páginas que se conservan y se muestran en la figura 72 revela su naturaleza maya-tolteca, no sólo por las posiciones características de los dioses y por sus atavíos sino también por la yuxtaposición de números de punto y barra con sólo puntos (del Altiplano Central). Como en el *Dresde*, vemos a un dios que esgrime una lanza, a menudo con un cautivo atado. Junto a él, un arreglo vertical de 13 fechas del Tzol kin adorna el lado izquierdo de cada página. En la punta de las lanzas aparecen los números de anillo 10, 10, 8, 16, 10, 10, 8, 16, 10, 10, 8, 16. A su derecha encontramos (en numeración exclusiva de puntos) los numerales 4, 12, nada, 11, 4, 12, nada, 11, 4, 12, nada, 11. Coe (1973) los interpreta como coeficientes de 20 a los que se debe agregar el número de anillo para llegar a estaciones sucesivas de Venus. De ese modo, si en la página 1 empezamos la parte de la tabla existente con la última aparición visible de Venus previa a su desaparición detrás del Sol, tenemos

$4 \times 20 + 10 = 90$	páginas 1, 5, 9	desaparición en la conjunción superior
$12 \times 20 + 10 = 250$	páginas 2, 6, 10	estrella vespertina
$0 \times 20 + 8 = 8$	páginas 3, 7, 11	desaparición en la conjunción inferior
$11 \times 20 + 16 = 236$	páginas 4, 8, 12	estrella matutina.

A diferencia de las páginas 46-50 del *Dresde*, en donde cada una de ellas representa un periodo sinódico completo, una página del *Grolier* sólo consigna una de las cuatro estaciones del periodo canónico de 584 días. La tabla del *Grolier* establece claramente que el uso de estas cuatro peculiares divisiones del ciclo de Venus, expresado hasta entonces sólo en el *Dresde*, se difundió más entre los mayas.

La posición del principio de cada estación en el Tzol kin se da correctamente mediante los signos de la columna izquierda. Éstos se leen de la manera acostumbrada.

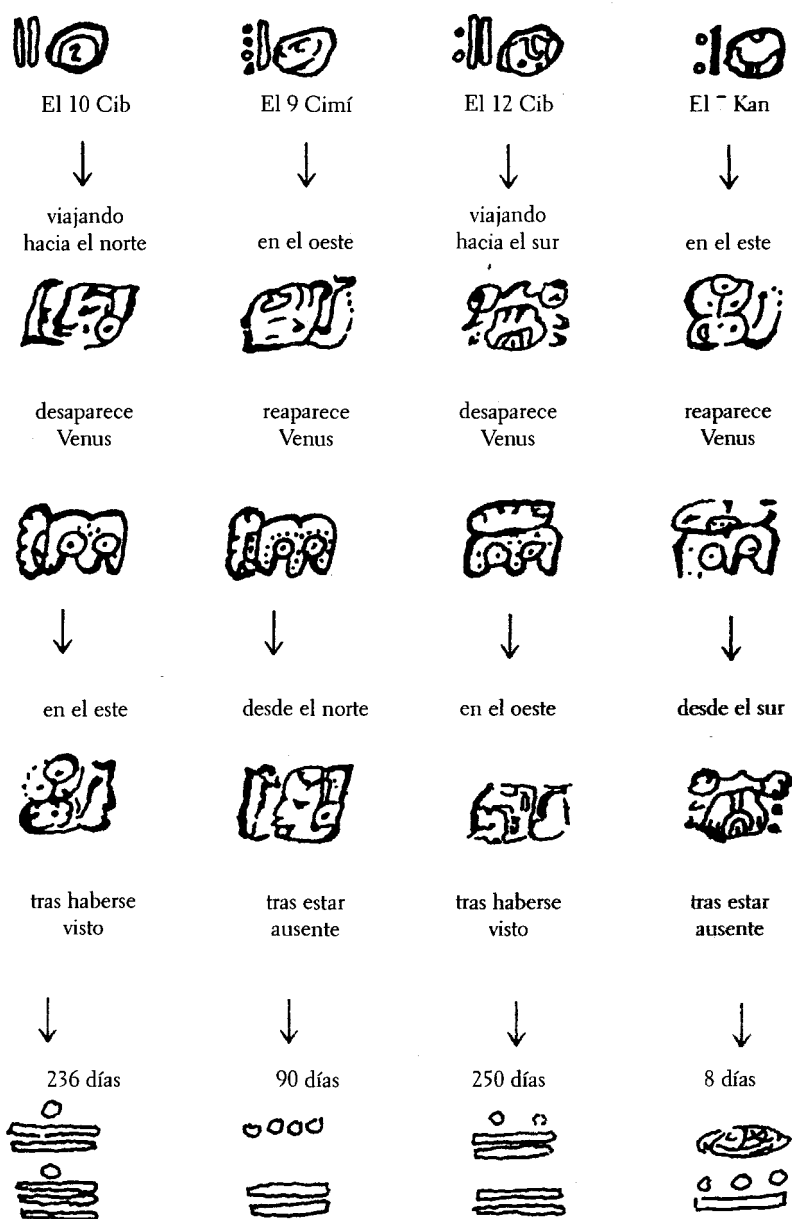


FIGURA 71. Transcripción de una parte de la p. 46 de la tabla de Venus, en donde se muestran las divisiones cronológicas a lo largo de un ciclo de 584 días. La tabla completa incorpora 65 de estos ciclos antes de repetirse.

Así, empezando en la parte superior de la página 6, tenemos 12 Etz'nab. Agregando 250 llegamos a 2 Lamat, que aparece en la parte superior de la columna de la página 7; al agregar 8 tenemos 10 Cib (arriba, página 8), y así sucesivamente. Con base en la parte de la tabla existente, Coe ha reconstruido la versión original, que según cree contenía 20 páginas. En total, 13 recorridos por la tablas, cada uno de los cuales cubre 5 x 584 días, que hacen al documento válido por 37 960 días, mismos que da la versión de la efemérides de Venus del *Códice de Dresde*. No sólo adornan al *Grolier* los mismos signos de día que aparecen en la tabla de Venus, sino que 1 Ahau, el lub de ambas tablas, también es el mismo.⁴⁷

Lo anterior en modo alguno agota las alusiones a Venus en los códices. Por ejemplo, Victoria Bricker (1988, p. 84) ha señalado que Mercurio tal vez esté incluido en el almanaque de 2 340 días de las páginas 30c-33c del *Dresde*, que según cree ella opera en un tiempo real al igualar cuatro periodos de Venus tabulados en 585 días con 9 tzol kines. V. Bricker también ha señalado similitudes iconográficas entre la tabla estacional de las páginas 25-28 y las páginas de Venus del *Códice de Dresde*, demostrando que es posible llegar a importantes estaciones de Venus en un tiempo real aplicando fechas iniciales tomadas de la tabla de Venus apropiada.

Los dioses de Venus con aspecto parecido a los del *Códice de Dresde* también aparecen en el grupo de códices *Borgia* de la región central de México. En los *Anales de Cuauhtitlán* (traducidos por Selser), documento colonial del Altiplano Central mexicano, encontramos señalamientos específicos acerca de la clase de personas que sufrirán heridas de los rayos penetrantes de Venus, llamado Quetzalcóatl en el panteón del Centro de México (en el cuadro 15 las fechas calendáricas se pueden reconocer como mexicanas):

Y como supieron ellos (los antiguos, los antepasados),
cuando aparece (sale),
según el signo bajo el cual sale,
hiere a diferentes clases de personas con sus rayos,
dispara contra ellas, arroja sobre ellas su luz;
cuando aparece bajo el [I] signo 1-Caimán,
dispara contra los ancianos y ancianas.
Lo mismo bajo el [II] signo 1-Jaguar,
bajo el [III] signo 1-Ciervo;

⁴⁷ El singular estilo del *Grolier* había llevado a algunos mayistas, entre ellos Thompson, a la creencia de que el documento es una falsificación moderna, pese al hecho de que las páginas en que está escrito datan de principios del siglo XIII. Sin embargo, tanto Coe (1973) como Carlson (1983; véanse todos los detalles en su artículo) han presentado argumentos a favor de la autenticidad.

bajo el [iv] signo 1-Flor
 dispara contra los niños pequeños,
 y bajo el [v] signo 1-Caña
 dispara contra los reyes.
 Lo mismo bajo el [vi] signo 1-Muerte
 y bajo el [vii] signo 1-Lluvia
 dispara contra la lluvia,
 no lloverá,
 y bajo el [xiii] signo 1-Movimiento,
 dispara contra jóvenes y doncellas,
 y bajo el [xvii] signo 1-Agua
 hay sequía general. (Seler, 1904c, pp. 384-385.)

En total contraste con los textos mayas, los llamados libros de imágenes del Altiplano Central mexicano, en los que también se incluyen prescripciones para ceremonias rituales, narraciones y elementos míticos, generalmente se han considerado desprovistos de acaecimientos astronómicos en un tiempo real; es decir, se estima que conmemoran ciclos cronológicos, en tanto que los libros mayas se consideran más específicos en cuanto a esos acaecimientos. Sin embargo, esta idea tradicional fue puesta en duda en estudios recientes (Aveni, 1999; V. Bricker, s. f.) que ofrecen pruebas tomadas del *Códice Borgia* de que a mediados del siglo xv se registraron fenómenos astronómicos ocurridos en un tiempo real. Por ejemplo, con base en analogías contenidas en la tabla de Venus del *Códice de Dresde*, he demostrado que las pp. 25, 27-28 y 53-54 del *Borgia* no sólo están vinculadas a ese calendario maya en particular, sino que realmente pueden haber derivado de él. Por lo demás, con base en un análisis iconográfico, Susan Milbrath (1989) ha argumentado que las pp. 29-46 del *Borgia* tal vez se hayan concebido como una tabla estacional de Venus, aunque no intente ubicarla en un tiempo real.



FIGURA 72. Un segmento del *Códice Grolier*, pp. 43b-45b. (Coe, 1973; cortesía del autor.)

ASTRONOMÍA EN LOS CÓDICES MAYAS

IV. LAS TABLAS DE MARTE

Como en los códices mayas se menciona prominentemente a Venus, ¿no deberíamos esperar descubrir también a los demás planetas? Por asombrosa coincidencia, el periodo de Marte (cuyo promedio alcanza 779.94 días) es casi lo mismo que un triple Tzol kin (3×260 días). Algunos epigrafistas, como Thompson (1972b, pp. 107-109; véase también Love, 1995), consideran a las tablas en las que se incluye el número 780 simples almanaques múltiples de 260 días. Sin embargo, recuérdese que los mayas prestaban atención a Venus precisamente porque su periodo es conmensurable con otros ciclos que ellos observaban. Marte *podría* haber sido exactamente lo que buscaban los cronologistas mayas. Por consiguiente, el contenido de las páginas 43b-45b del *Códice de Dresde* bien valen un examen. Se reproducen en la figura 73 y se transcriben en el cuadro 21, en donde hemos adoptado la notación estándar usada para las demás tablas astronómicas.

Como puede apreciarse en las figuras 73a y 73b, la mayor parte de la tabla consiste en múltiplos de 78 (bloque II) y fechas del Tzol kin (bloque IX). Empezamos en la parte inferior derecha de 44b y avanzamos hacia la izquierda. Como el coeficiente de la primera entrada (1×78) es 3 (Cimí) y 78 es exactamente divisible entre 13, estamos seguros de que los coeficientes de las fechas restantes también serán 3. Antes de que la tabla empiece a apartarse radicalmente del formato simple, se tabulan 10 múltiplos de 78, aunque no en orden preciso. (En todo el *Códice de Dresde* se presentan múltiplos de 78, de la manera más notable en la página 59, luego de la tabla de eclipses, en donde encontramos la serie 1 a 9 seguida de $3 \times 19 \times 780$, $2 \times 9 \times 19 \times 780$ y, finalmente, 780 multiplicado a su vez por 172, 178, 180 y 185.) En la parte superior de la tabla, página 44b, empiezan a aparecer otros números mayas de importancia (260, 364 y 780). Por ejemplo, en 44b, columna B (registro superior) encontramos el número aberrante 1.16.2.0 (= 13 000), que es igual a $17 \times 780 - 260$ $35 \times 364 + 260$ 50×260 .⁴⁸ En la página 43b, empezando abajo a la derecha del bloque VII, cambiamos a múltiplos integrales de 780, el triple Tzol kin, pero esta rutina también se interrumpe a favor de números que se ubican dentro del Tzol kin de un múltiplo integral de 780 y a la vez son múltiplos de 364. Al parecer, la meta final era llegar a una posición de 3 Lamat

⁴⁸ El número 364 es una aproximación de la duración del año trópico convenientemente divisible en factores. Como hemos de ver, también aparece en las páginas 23-24 del *Códice de París*, donde tal vez se haya usado para contar un "año" de 13 meses lunares siderales, cada uno de 28 días. Habitualmente se encuentra en una serie de 1 820 días, que es el equivalente de 7×260 o 5×364 o 65×28 . La intención parece ser desplegar un esquema para conmensurar el ciclo de Marte, el año y el Tzol kin.

en la cuenta de 260 días, por ser esta fecha la única que aparece luego de la entrada de múltiplos complejos.⁴⁹

El área del bloque I, página 43b, contiene una generosa cantidad de información. La columna vertical empieza con la importantísima fecha del Tzol kin 3 Lamat, seguida por la cabeza del monstruo de Marte. Abajo leemos la fecha de la Cuenta Larga 9.19.8.15.0, que recuerda al “supernúmero” de la tabla de Venus examinado previamente, y un múltiplo integral de 780 y 364, entre otros números mayas importantes. Luego se repite 3 Lamat, seguido por el número de anillo 17.12 (= 352) y finalmente

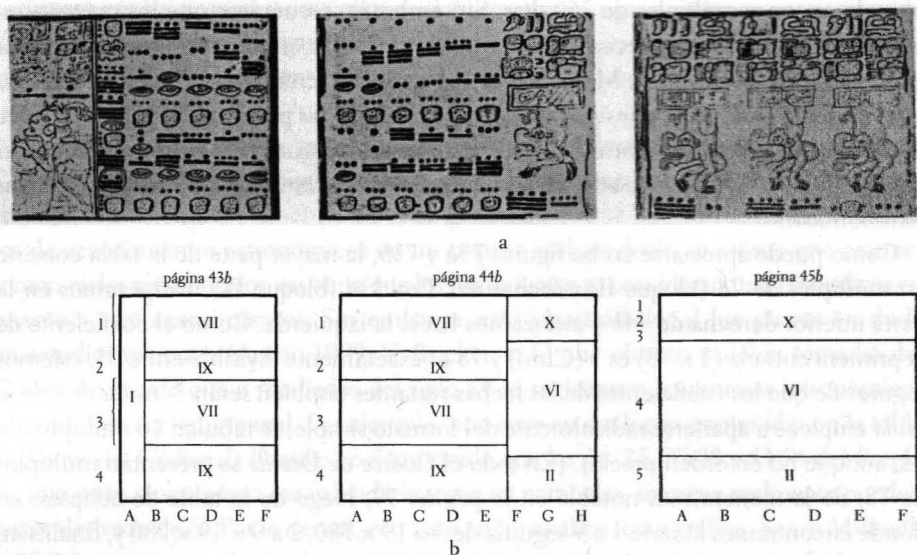


FIGURA 73. a) La tabla de Marte en el Códice de Dresde, pp. 43b-45b (Thompson, 1972b; cortesía de American Philosophical Society, Filadelfia); b) descomposición esquemática de la tabla.

- I. Datos de serie inicial, incluso el número de anillo y el lub (nótese el monstruo de Marte)
- II. Números de punto y barra que sugieren intervalos de cuenta
- VI. El monstruo de Marte cuelga de franjas celestes
- VII. Múltiplos de 78, 780, 364
- IX. Fechas del calendario ritual
- X. Glifos de augurio y predicción (nótese el monstruo de Marte)

⁴⁹ V. y H. Bricker (1986b, p. 74) y Justeson (1989, p. 100) analizan esos múltiplos aberrantes. Agregados a la fecha de base histórica 3 Lamat, o restada de ésta, pueden conducir (como en la tabla de Venus) a fechas tanto de ortos canónicos como de ortos heliacos observados de Marte.

por la conocida fecha de la creación 4 Ahau (8 Cumku). R. W. Willson (1924, p. 25), quien examinó detenidamente las inscripciones astronómicas de los códices poco después de principios del siglo xx, ha transcrito esa columna como sigue:

3 Lamat es el día de Marte

1 435 980 es el periodo completo para el principio de la efemérides a partir de

3 Lamat que es la época y que está

352 días antes de

4 Ahau que es nuestra era.

Según Willson, quien hizo las efemérides, buscaba fijar la época, que en este caso era 3 Lamat antes de la fecha de la creación del 4 Ahau, en que Marte tenía el mismo aspecto que cuando se pensaba usar la tabla. Ahora bien, el número 352 figura de manera prominente en la teoría sobre Marte porque, como lo demuestra Willson, es casi igual al número promedio de días entre conjunciones con el Sol y puntos estacionarios de Marte en su órbita retrógrada. Willson pensaba que el astrónomo había escogido una fecha de 3 Lamat para empezar una serie de observaciones y luego contó hacia atrás, empleando progresivamente múltiplos de 780 hasta llegar cerca de la fecha 4 Ahau de la época actual (1 840 periodos de Marte). Entonces retrocedió un periodo más y llegó al día 3 Lamat inmediatamente anterior a la creación.⁵⁰

Sin embargo, Victoria y Harvey Bricker (1986b) argumentan que el número 9.19.8.15.0 es realmente un intervalo que debe agregarse a una fecha base previa a la creación, a la que se ha llegado restando el número de anillo 17.12 de 0.0.0.0.0 4 Ahau 8 Cumku. Esto arroja la fecha de la Cuenta Larga 9.19.7.15.9 3 Lamat 6 Zotz, a la que se llega de la manera en que estos números se procesan en la página 24 de la tabla de Venus estudiada con anterioridad; así

$$\begin{array}{rcl}
 0.0.0.0.0 & & \\
 - \quad 17.12 & & \\
 \hline
 12.0.19.0.8 & \text{(fecha previa a la creación)} & \\
 + 9.19.8.15.0 & \text{(intervalo)} & \\
 \hline
 9.19.7.15.8 & 3 \text{ Lamat } 6 \text{ Zotz (fecha inicial de la tabla).} &
 \end{array}$$

⁵⁰ Lo cual puede apreciarse fácilmente por los intervalos planetarios básicos dados en el cuadro 6, junto con la figura 37. Marte desaparece detrás del Sol durante 120 días, 60 a cada lado de su conjunción. Tiene un movimiento retrógrado por espacio de 75 días, alrededor de 38 a cada lado de la oposición. Entretanto, pasa aproximadamente la mitad de 660 días desplazándose de su primera aparición a la oposición; por tanto, el intervalo entre la conjunción y la inepción del movimiento retrógrado es de 60 + 330 - 38, esto es, 352 días.

Los Bricker emplean esta fecha inicial para demostrar cómo pueden los astrónomos mayas del siglo VIII haber usado la tabla en un tiempo real, en tanto que recurso para prever variaciones de longitud del periodo sinódico de Marte y específicamente el momento de la retrocesión, con evaluación de las correcciones entre Marte canónico y observado al término de periodos de 78 días particulares. Queda a discusión si la tabla realmente era usada de ese modo nada irrazonable.

En una tabla astronómica maya nunca deja de aparecer una serie de instrucciones para el usuario y la tabla de Marte no es la excepción. Para cumplir esa función, en el bloque VII y bajo los cuatro monstruos de Marte colgantes en las páginas 44b y 45b, aparece una banda de numerales de punto y barra aislados. Esos números son alternativamente rojos y negros: 19 (negro), 9 (rojo), 19 (negro), 2 (rojo), 19 (negro), 8 (rojo), 21 (negro), 3 (rojo). Siguiendo el ejemplo sobre el modo de leer un almanaque simple, apreciamos que los números rojos representan coeficientes de día, en tanto que los negros indican cuánto agregar a cada número rojo para llegar al número siguiente. Como el lub de la tabla es 3 Lamat y su primera entrada 3 Cimí (página 44b, columna F) 78 días después, Spinden (1924, pp. 64-68) ha propuesto una restauración razonable del esquema de conteo:

$$\begin{array}{rclclclcl}
 3 \text{ Lamat} & + & 19 & = & 9 \text{ Manik} & + & 19 & = & 2 \text{ Cimí} \\
 (\text{lub de la tabla}) & & (1^{\text{er}} \text{ negro}) & & (1^{\text{er}} \text{ rojo}) & & (2^{\circ} \text{ negro}) & & (2^{\circ} \text{ rojo}) \\
 \\
 + 19 & = & 8 \text{ Chicchán} & + & 21 & = & 3 \text{ Cimí} \\
 (3^{\text{er}} \text{ negro}) & & (3^{\text{er}} \text{ rojo}) & & (4^{\circ} \text{ negro,} & & (\text{coeficiente de} \\
 & & & & \text{Cimí se usa} & & \text{nombre de día} \\
 & & & & \text{como cero} & & \text{resultante para} \\
 & & & & & & \text{la primera} \\
 & & & & & & \text{entrada de la} \\
 & & & & & & \text{tabla})
 \end{array}$$

Finalmente, para completar la tabla de Marte tenemos, como en las tablas de Venus y de eclipses, una serie de dibujos (cuatro monstruos de Marte que cuelgan de sendas franjas celestes) en el bloque VI y una franja de glifos augurales en el bloque IV, incluso dos glifos de monstruo de Marte y un glifo de eclipse (página 45b, columna C, línea 2, un signo de kin sobre un campo mitad negro, mitad blanco).

Los Bricker (V. y H. Bricker, 1986b), que han transcrito una parte del texto, argumentan que el glifo de *wac* (por ejemplo, 44b G1), que significa “expulsar” o “saltar”, describe a un Marte brillando durante el periodo retrógrado de aproximadamente 78 días, cuando el planeta está en oposición (véase diagrama en la figura 37). Cada una

de las cuatro inscripciones empieza con “salta, Marte”.⁵¹ Los Bricker también apuntan que en los dibujos de abajo que representan a Marte extendido con la cabeza por delante desde las bandas celestiales, la parte del cuerpo que se muestra es diferente; su parte frontal aparece en el primero y cuarto dibujos, el frente y los cuartos posteriores en el segundo y lo mismo pero un poco menos en el tercero.

¿Constituyen una tabla de Marte las páginas 43b-45b del *Códice de Dresde*? Programáticamente, para decir que sí parece haber suficientes similitudes entre la estructura de las páginas 43b-45b y las tablas de Venus (46-50) y eclipses (51-58); pero si los números en efecto se refieren al desplazamiento de Marte por el cielo, ¿por qué habrían los mayas de descomponer su movimiento en 10 unidades de 78 días? Una breve mirada al cuadro 6 nos dice que Marte se halla en movimiento retrógrado aproximadamente durante ese lapso. Pero los múltiplos de 10 veces el intervalo retrógrado son difíciles de entender desde un punto de vista operativo. A diferencia de Venus, en su travesía por el cielo Marte no tiene cuatro sino sólo dos (si acaso tres) estaciones universalmente reconocibles, a lo sumo si consideramos sus apariciones de estrella matutina y estrella vespertina como fenómenos separados. Por lo demás, en contraste con las tablas de eclipses y de Venus, carecemos tanto de intervalos figurados que separen los fenómenos astronómicos como de conjuntos de registros superiores e inferiores para tabular intervalos y cifras acumulativas. Es concebible que las 10 estaciones puedan evocar las diferentes posiciones del planeta a lo largo de la eclíptica. En este caso, el monstruo bisulco de Marte podría estar suspendido de franjas que representen constelaciones integrantes de un Zodíaco maya.⁵² Trazar de ese modo el curso de un planeta superior tiene sentido porque, a diferencia de Mercurio y Venus, esos cuerpos con frecuencia aparece opuestos al Sol en un cielo oscuro tachonado de estrellas.

¿Es tan sólo coincidencia que el número de anillo 352, al que no encontramos en ninguna otra parte del *Dresde*, corresponda a uno de los periodos fundamentales de la órbita de Marte? A ese respecto debemos recordar dos cosas: a) que, entre conjunción y primer punto estacionario, 352 es el promedio de una serie de periodos que exhiben grandes variaciones debidas a la naturaleza no uniforme del desplazamiento de Marte en su órbita⁵³ y b) que, aunque el punto estacionario en el movimiento retrógrado de

⁵¹ Schele y Grube (1997, p. 245) traducen este glifo como “atravesar”; de ese modo, “atravesó, Marte; sequía, daño a los asientos, daño a la gente, castigo”.

⁵² Sin embargo, los únicos estudios existentes del contenido de las bandas celestiales de las inscripciones mayas, de Collea (1980) y Carlson y Landis (1985), concluyen que no representan ni constelaciones específicas ni zonas asignables de la eclíptica.

⁵³ Valiéndonos del cuadro 6: el intervalo entre la primera aparición y el retroceso es la mitad de 660 días menos la mitad de 75, o sea, aproximadamente 292 días. Agregando la mitad de 120 días, el intervalo de desaparición, llegamos a un intervalo de 352 días entre la conjunción y el retroceso. También debe señalarse que 292 días es la mitad del ciclo de Venus, hecho que tal vez haya sido importante para el astrónomo maya, quien parecía tener inclinación por la integración de ciclos celestes.

CUADRO 21. *Disposición del material de las páginas 43b-44b del Códice de Dresde*

Página 43b					
A	B	C	D	E	F
1 435 980 =	109 200 =	131 040 =	72 800 =	69 600 * =	30 940 =
3 945 × 364 =	300 × 364 =	360 × 364 =	200 × 364 =	80 × 750	85 × 364 =
1 841 × 780	140 × 780	168 × 780	93 × 780 + 260		40 × 780 - 260
3 Lamat **	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat
	151 320 =	3 900 =	3 380 =	2 340 =	1 560 =
352	582 × 260 =	5 × 780	4 × 780 + 260	3 × 780	2 × 780
	194 × 780				
4 Ahau	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat	3 Lamat
Página 44b					
A	B	C	D	E	F
15 600 =	13 000 =	702 =	624 =	546 =	468 =
200 × 78 =	50 × 260 =	9 × 78	8 × 78	7 × 78	6 × 78
60 × 260	35 × 364 + 260 =				
	17 × 78 - 260				
3 Lamat	3 Lamat	3 Oc	3 Eb	3 Ix	3 Cib
780 =	390 =	312 =	234 =	156 =	78 =
10 × 78	5 × 78	4 × 78	3 × 78	2 × 78	1 × 78
3 Lamat	3 Etz'nab	3 Ahau	3 Ik	3 Kan	3 Cimi

* Si suponemos que el amanuense añadió un punto de más en el cuarto sitio, el número en el cuadro cambia a 62 400, que es múltiplo exacto de 780.

** Debería ser 12 Lamat para corresponder a la fecha de la Cuenta Larga.

cualquier planeta sería un fenómeno lógicamente observable por cualquier astrónomo a simple vista, la conjunción no puede observarse en absoluto. En cambio, podríamos anticipar que los astrónomos mayas registraron fechas de ortos y ocasos heliacos del planeta, pues lo que más les interesaba para establecer un calendario era la primera aparición y la última desaparición de un cuerpo celeste. Nos vemos obligados a admitir que si los mayas estaban registrando el desplazamiento de Marte se apartaron un poco de su procedimiento habitual.⁵⁴ Pero recordemos también que son pocos los manuscritos existentes para que podamos decidir qué es lo que constituye un procedimiento astronómico maya normal.

⁵⁴ En la sumamente borrada página 2a del *Códice de Madrid*, diversos monstruos de Marte antropomorfos armados de hachas aparecen en el acto de descender de una banda celestial, acompañados de los mismos intervalos astronómicamente intrigantes de 19-19-19-20 que encontramos en la tabla de Marte (V. y H. Bricker, 1997). En los almanaques es muy frecuente encontrar intervalos de la forma X, X,..., Y. Éstos pare-

¿HUBO UN ZODIACO MESOAMERICANO?

El corredor tachonado de estrellas que forma un círculo en el cielo —el círculo que el Sol sigue durante un año y la Luna alrededor de un mes— se llama *Zodiaco*, palabra que significa “círculo de animales”. Es una franja de 18° de anchura centrada en la eclíptica y dividida en 12 segmentos de 30°, cada uno de los cuales está representado por un grupo de estrellas con nombre. Las constelaciones que caracterizan esa franja, a menudo representadas por figuras de animales, han recibido gran atención en la leyenda y el folclor porque ubican los cursos no sólo de la Luna y del Sol sino también de otras cinco luminarias —Mercurio, Venus, Marte Júpiter y Saturno— a cuyos desplazamientos cíclicos las culturas arcaicas de todo el mundo prestaban extasiada atención, en parte tal vez porque esas luminarias son más difíciles de seguir que el Sol o la Luna.

La tradición occidental sostiene que todos los vagabundos planetarios recorrían “el camino de Anu”, como llamaban los antiguos sumerios al Zodiaco. Era éste un camino alumbrado por estrellas brillantes, dioses consejeros o consultores que vigilaban lo que ocurría en sus respectivas zonas y aconsejaban a los dioses acerca de empresas futuras. La región septentrional del Zodiaco, cercana al Trópico de Cáncer, constituía el camino de Enlil o Bel, Señor de la Tierra, en tanto que la parte meridional, la región del Trópico de Capricornio, era el camino de Ea, dios de las aguas. También los primeros astrónomos chinos mantenían bajo estrecha observación la posición tanto del Sol como de la Luna contra el trasfondo de estrellas distantes. Por ejemplo, reconocían el primer día del verano por la última aparición de Antares (en nuestra constelación de Escorpión), al suroeste, poco después del ocaso. A cada fenómeno astronómico señalado le acompañaba un augurio. En gran parte, como en la astrología babilónica, los señalamientos que acompañaban a las observaciones pertenecían al emperador de China, quien era una prolongación de las fuerzas celestiales, el Hijo del Sol.

A muchos les parece curioso que los zodiacos de todo el mundo estén divididos en zonas delineadas por constelaciones de estrellas tras estrellas. La ruta celeste del Viejo Mundo está poblada por un hombre que sostiene una jarra de agua, una mujer virgen y un par de gemelos; en su bestiario se cuentan un león, un toro, un camero y un escorpión. Incluso hay híbridos imaginarios como una criatura mitad cabra, mitad pez y un centauro (mitad hombre, mitad caballo). Entre los 12 animales zodiacales de los

cen ser un invento puramente numerológico y no tienen ninguna importancia astronómica que podamos discernir. (Sobre los intervalos que aparecen en los códices véase Aveni, Morandi y Peterson, 1995 y 1996.) Desafortunadamente, de esta tabla no se ha conservado lo suficiente para permitir una traducción completa. El monstruo de Marte también figura en un posible calendario sideral de Marte del *Dresde 69a-74a*, que incorpora subperiodos desconocidos en la astronomía occidental (V. y H. Bricker, s. f.; H. Bricker, Aveni y V. Bricker, s. f.).

chinos están tanto el perro y la rata ordinarios como un exótico dragón. Como hemos de demostrar, los mayas no fueron la excepción para crear su propio *Zodiaco*.

El indicio más sólido de que los antiguos americanos reconocían un *Zodiaco* tal vez lo ofrezca la notable similitud entre las secuencias de animales esculpidos en un dintel de la fachada oriental del ala este de Las Monjas, en Chichén Itzá, Yucatán, y aquellos pintados en las páginas 23 y 24 del *Códice de París*.⁵⁵ Si bien la mayor parte de los especialistas está de acuerdo en que esas figuras constituyen un *Zodiaco*, no lo están respecto a las constelaciones de que se componen. Empezaremos por las páginas del *Códice de París*.

El fragmento pertinente de este dañadísimo códice que en los años cincuenta del siglo XIX se encontró abandonado entre un montón de papeles cubiertos de hollín, en el rincón de una chimenea de la Bibliothèque Nationale de París, se reproduce en la figura 74a. El fragmento muestra algunos animales con las mandíbulas cerradas, que cuelgan de símbolos del Sol bajo una franja continua que, a juzgar por el estilo del resto del códice y de la página 22 adyacente, representa el cuerpo de la serpiente celestial de dos cabezas. El desfile de animales prosigue a lo largo de la franja inferior, exenta de decoración. En total, se pueden contar 13 animales (cuatro en la parte superior de la página 24, tres en la parte superior de la página 23 y tres en la mitad inferior de cada página). En el cuadro 22 se muestra esquemáticamente su disposición.

Las figuras más fácilmente identificables en el códice son la serpiente de cascabel (2), nótese el cascabel, la tortuga (3);⁵⁶ el escorpión (4), un par de aves (5) y (7), la primera de las cuales probablemente es un buitre; y la serpiente (6). Menos seguros son una rana (8), un venado (9), una calavera (12) y un pecarí (13). De ellas, la constelación de Escorpión, examinada en el capítulo III, ya nos es conocida por la obra de Sahagún.

¿Están esos animales celestiales devorando a los planetas que entran en sus respectivas moradas zodiacales? Con frecuencia vemos eclipses y conjunciones planetarias representados de esa manera; por ejemplo, en el friso del Templo de la Serpiente Emplumada de Xochicalco unas serpientes también devoran discos solares.

El calendario ritual que ocupa el resto de cada página sugiere que la secuencia debe leerse de derecha a izquierda. En la página 24 encontramos columnas de nombres y números de día seguidas de seis columnas más en la página 23. Cinco líneas horizontales cubren ambas páginas. Procediendo de derecha a izquierda, encontramos que cada entrada del Tzol kin está separada por 28 días. La lectura procede como en la

⁵⁵ El primero en señalarlo fue Spinden (1916). Un tercer ejemplo, citado con frecuencia pero actualmente en descrédito, es el complejo de veinte figuras que decoran una pared de estuco del Palacio de los Estucos, en Acanceh (Winning, 1985).

⁵⁶ De acuerdo con el diccionario de Motul y otros diccionarios contemporáneos, algunas estrellas de nuestra moderna constelación zodiacal de Géminis se denominaban "estrellas de la tortuga" (Landa, 1941, p. 133).

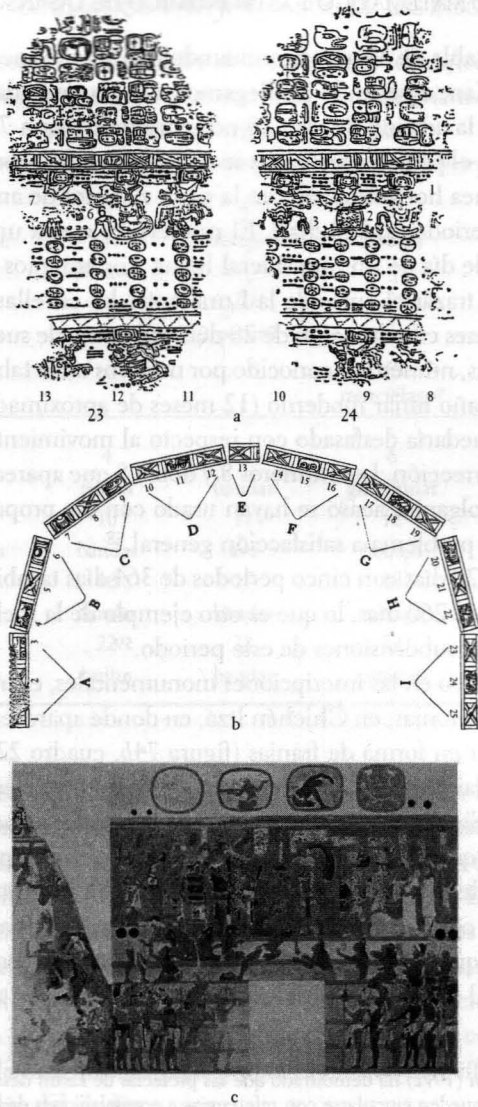


FIGURA 74. Desfile de animales en el Zodíaco maya: a) el Códice de París, páginas 23-24 (cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz); b) dintel del ala oriente de Las Monjas, Chichén Itzá (cortesía de Harvey Bricker). Nótese que la secuencia del código, 3 (tortuga), 4 (escorpión), 5 (buitre), 6 (serpiente), se repite en orden inverso en 18, 20, 22 y 24 del relieve de Las Monjas (véanse identificaciones en el cuadro 22), c) reproducción de un segmento del Zodíaco maya en una pintura mural de Bonampak (cortesía del Museo Peabody, Harvard University).

parte superior de la tabla de Venus. Examinando la primera línea visible de la página 24 encontramos 3 Kan, agregando 28 llegamos a 5 Eb, entrada de la columna que sigue a la izquierda; la adición de otro 28 nos permite llegar a 7 Ahau y así sucesivamente. En conjunto, el periodo de 28 días se registra 13 veces, con un total de 364 días a lo largo de cada línea horizontal; así, en la parte superior de ambas páginas se registran cinco de esos periodos (1 820 días). El número 28 evoca una vinculación lunar, queda a dos tercios de día de un mes sideral lunar. Los antiguos mayas pueden haber usado esa tabla para trazar el curso de la Luna entre las estrellas dividiendo el calendario lunar en 13 meses con duración de 28 días cada uno, de suerte que un año lunar consistiría de 364 días, número ya conocido por nosotros en la tabla de Marte.⁵⁷ Como nuestro corrompido año lunar moderno (12 meses de aproximadamente 30 días), ese calendario pronto quedaría desfasado con respecto al movimiento de la Luna; habría necesidad de una corrección. Los números 8 y doble 8 que aparecen en la franja celeste entre las figuras colgantes acaso se hayan usado con ese propósito. Nadie ha elucidado ese interesante problema a satisfacción general.⁵⁸

El intervalo de 1 820 días con cinco periodos de 364 días también puede descomponerse en siete ciclos de 260 días, lo que es otro ejemplo de la inclinación de los mayas por los múltiplos y las subdivisiones de este periodo.⁵⁹

Pasando a un Zodíaco en las inscripciones monumentales, examinemos ahora el texto del ala este de Las Monjas, en Chichén Itzá, en donde aparecen 24 símbolos en una configuración similar en forma de franjas (figura 74b, cuadro 22). La mayor parte de las entradas son bandas cruzadas, idénticas a las de las franjas celestes del códice, o bien símbolos de Venus. Siete son animales, cuatro de los cuales se han identificado como las mismas criaturas que se encuentran en el *Códice de París* y aparecen en la misma secuencia. Se trata de la tortuga (18), el escorpión (20), el buitre (22) y la serpiente (24). El ave (11), la calavera (9) y el pecarí (4) comparten identificaciones comunes menos seguras (aunque fuera de secuencia). Esa inhabitual correspondencia no es simple casualidad. El códice y el dintel seguramente se refieren a los mismos fenómenos celestiales.

⁵⁷ Sin embargo, Paxton (1992) ha demostrado que las profecías de katún descritas en la literatura maya posterior a la Conquista pueden vincularse con referencias a constelaciones dadas en la tabla zodiacal del *París*. La investigadora concluye que la meta de estas últimas pudo haber sido trazar la posición del Sol con respecto a las estrellas.

⁵⁸ Justeson (1989, p. 117) señala que $8.8 = 168 = 6 \times 28$, por ser 28 prominente en la tabla; éste es también el múltiplo entero más cercano de $(\frac{6}{13}) \times 365$, pues un paso por la tabla toma 6×364 días. Es más, el intervalo también da un espaciamiento de 13 signos zodiacales a décimo terceras partes del Haab, alcanzadas mediante múltiplos de 28. B. Tedlock (1999) ofrece un vínculo más específico de acuerdo con su interpretación de la fila de constelaciones del Zodíaco. Ella argumenta que 168 representa el tiempo que necesita el Sol para pasar de la Tortuga a la constelación de Escorpión.

⁵⁹ Nótese también que 1 820 días son cerca de 10.5 medios años de eclipses ($10.5 \times 173.31 = 1820^d - 0.^d 24$).

CUADRO 22. Disposición esquemática de los animales identificados en el Códice de París (figura 74a), arriba, y en el dintel de la entrada oriental de Las Monjas, en Chichén Itzá (figura 74b), abajo

7	6	5	4	3	2	1
ave	serpiente	ave (buitre)	escorpión	tortuga	serpiente de cascabel	ave
13	12	11	10	9	8	
¿pecarí u ocelote?	calavera	?	¿pecarí?	¿venado o murciélago?	rana	
1-2	3	4	5	6	7	
?	?	pecarí	bandas	glifo lunar	glifo de Imix	
8	9	10	11	12	13	
bandas	calavera	bandas	ave	bandas	bandas	
14	15	16	17	18	19	
bandas	Venus	bandas	bandas	tortuga	bandas	
20	21	22	23	24	25	
escorpión	bandas	buitre	bandas	serpiente	bandas	

Que los animales esculpidos también pueden representar un Zodíaco queda sugerido por la integración del símbolo de Venus en cada tablero: ese símbolo constituye los ojos del cráneo humano y también aparece invertido bajo las demás figuras de animales. Más aún, los cinco días nombrados en el *Códice de París* —Lamat, Eb, Cib, Ahau y Kan— coinciden exactamente con los cinco días nombrados del orto heliaco de Venus en el *Códice de Dresde*. Finalmente, recuérdese que Venus desaparece durante ocho días frente al Sol antes del orto heliaco, lo cual podría relacionarse con el reiterado numeral 8 verde a lo largo de la parte superior de las franjas celestes del *Códice de París*. La secuencia de Las Monjas bien pudiera referirse específicamente al paso de Venus por un segmento del Zodíaco maya.

Vale la pena señalar la proximidad del edificio de Las Monjas y El Caracol, que queda a unos 120 metros al sur. Aunque fechado como ligeramente posterior a Las Monjas, es muy probable que El Caracol funcionara como observatorio astronómico (véase capítulo v), habiendo desempeñado las funciones especiales de señalar puntos significativos en la trayectoria celeste de Venus. En el capítulo v examinaremos otro friso zodiacal, específicamente en el contexto de una estructura orientada hacia Venus, el Palacio del Gobernador de Uxmal.

El Zodíaco maya también fue plasmado en una pintura mural donde se muestra una escena de rendición después de una batalla (figura 74c). Dos de las constelaciones a que nos hemos referido con anterioridad se representan entre cuatro cartelas puestas arriba de una franja celeste que adorna la bóveda de la Sala 2 del Palacio de Bonampak. Son una tortuga y un par de pecaríes a los que se muestra en el acto de copular; estos animales flanquean a una figura humanoide que esgrime una lanza y a otro ser humano que sostiene una vasija de barro. Las cuatro cartelas están adornadas con símbolos de Venus y estrella. Mary Miller (1986) ha estudiado los temas de la guerra y del ascenso al poder incorporados en las elaboradas pinturas murales de Bonampak, y Lounsbury (1982) ha demostrado que las fechas de las estelas que las acompañan se refieren a ortos y ocasos específicos de Venus. La mayor parte de los investigadores está de acuerdo en que el símbolo de tres estrellas pintado a lo largo del caparazón de la tortuga puede identificarse con el cinturón de nuestra constelación de Orión. Lounsbury (1982) y Freidel, Schele y Parker (1993) equiparan a los pecaríes con Géminis (véase el capítulo III), en tanto que, basándose en diferentes supuestos acerca de la naturaleza del Zodíaco maya, Harvey y Victoria Bricker (1992) identifican a los pecaríes con estrellas de nuestra constelación de Leo.

Los Bricker (1992) ofrecen el examen reciente más completo del Zodíaco maya. Formulan la hipótesis de que las constelaciones del *Códice de París* y de Las Monjas no están dispuestas de manera lineal, tendidas en el cielo a lo largo de la eclíptica como se conciben en nuestra cultura. Abundando en la insistencia de los mayas en la astronomía del horizonte, estos autores sugieren que algunos grupos de estrellas se disponen esquemáticamente en el horizonte durante el crepúsculo matutino o vespertino. De manera específica, su hipótesis plantea que las constelaciones se tabulan por pares alternativos, de suerte que, por ejemplo, cuando la primera ocupa una posición exactamente arriba del horizonte oriental, la segunda hace lo mismo al oeste, a unos 160° de distancia. (Este esquema tiene un precedente en la astronomía andina y de otras latitudes).⁶⁰ Los Bricker emplean este modelo para llegar a definiciones concordantes respecto a prácticamente todas las constelaciones de ambos textos. La validez de su esquema (que se muestra en el cuadro 23, en donde comparamos las identificaciones de los Bricker con las de D. H. Kelley, 1976, basadas en una lectura de secuencias a lo largo de la eclíptica) se ve fortalecida por el hecho de que presenta idénticas correspondencias en el friso del Palacio del Gobernador (véase capítulo V).

⁶⁰ Véase Urton (1981a, pp. 113-118 y 213 núm. 2).

RESUMEN

La explicación dada en este capítulo sobre las tablas astronómicas y los almanaques de códices vinculados astronómicamente sugiere que los astrónomos mayas se valían de los fenómenos celestes para hacer predicciones astrológicas. Sus escritos incorporan un amplio esquema adivinatorio y parecen dirigidos hacia una sola meta: establecer un orden a la existencia humana poniendo los ciclos astronómicos que ocurren naturalmente en concordancia con el calendario de 260 días. Una y otra vez hemos visto que esta unidad de tiempo fundamental se sitúa en la base de cada almanaque contenido en los códices. En el almanaque de Venus de 2 920 días descubrimos el movimiento cíclico de un planeta de lo menos propicio al que se pone en armonía tanto con el Haab como con el Tzol kin. En la tabla de eclipses, una cuenta de 46 tzol kines crea un ciclo de fases lunares de entrada repetida que concuerda con la recurrencia de eclipses. Es probable que la cuenta de 1 820 días de la tabla zodiacal del *Códice de París* y la cuenta de 780 días de la tabla de Marte fueran escogidas porque también son múltiplos exactos de la cuenta de 260 días. Incluso las importantes fechas de la Cuenta Larga surgen como números artificiales en los que se incluyen como submúltiplos muchos de estos números clave.

Aunque en esos calendarios pudiera deslumbrarnos el predominio de lo ritual, si observamos con detenimiento podemos beneficiarnos con una ojeada seductora a la filosofía maya del tiempo. Las tabulaciones monolíticas de los monumentos y de los manuscritos fueron resultado de años de constante y atento seguimiento de fenómenos que ocurrían en la esfera celeste. Luego de todo lo que se ha dicho y hecho, los almanaques son producto de un registro de observaciones de largo plazo.

Como estamos moderadamente ciertos de que los astrónomos mesoamericanos hacían observaciones del horizonte, podríamos preguntar cómo se vinculan los elementos del calendario con ese tipo de observaciones en particular. Dada la cuenta de lunas empleada en las inscripciones, debemos concluir que el periodo sinódico lunar y las tablas de eclipses de las páginas 51-58 del *Códice de Dresde* probablemente se obtuvieron contando y registrando lunas llenas durante un largo periodo.

Los estudiosos modernos de la ciencia tal vez encuentren difícil comprender cómo pudieron los mayas desarrollar un modelo para entender los eclipses sin un conocimiento de las órbitas relativas de la Luna alrededor de la Tierra y de la Tierra alrededor del Sol y en particular de los nodos de la órbita lunar. En cierto sentido, el concepto de nodo se incorpora en la numerología maya y no en la geometría que adquirimos de la antigua Grecia. Para los mayas, la predicción de eclipses no tenía relación con órbitas ni centrismo de ninguna especie; como las fracciones derivadas por los griegos, esas

CUADRO 23. *Dos interpretaciones diferentes comparando el Zodíaco maya y su equivalente occidental*

Número de referencia del París (Referencia del cuadro 22)	Constelación occidental (D. H. Kelley, 1976)	Constelación occidental (H. y V. Bricker, 1992)
2. Serpiente de cascabel	Sagitario	Pléyades
3. Tortuga	Géminis	Orión
5. Ave 2	Tauro	Géminis
8. Rana	Virgo (pecarí)	Leo (parte occidental)
10. ¿Pecarí?	Leo	Leo (parte oriental)
11. ¿?	Acuario	Virgo
1. Ave 1	Cáncer (se traslapa con 12)	Libra
4. Escorpión	Escorpión	Escorpión
6. Serpiente	Libra	Sagitario
7. Ave 3	Aries	Capricornio
9. ¿Venado o murciélago?	Piscis	Acuario
12. Calavera	Cáncer (se traslapa con 1)	Piscis
13. ¿Pecarí u ocelote?	Capricornio	Aries

invenciones puramente occidentales no eran necesarias para el desarrollo y la práctica de la astronomía precisa y predictiva de otras culturas.

Los astrónomos mayas parecen haber dado poco uso a la posición de la Luna sobre el horizonte. Las observaciones de los extremos lunares a lo largo del horizonte no tienen cabida en las escasas páginas rasgadas de los almanaques lunares mayas existentes. Los datos recabados de un estudio de las líneas de base astronómica y la orientación de las construcciones (que aparecerán en el capítulo v) tienden a apoyar esta idea: no dan indicios de que los astrónomos mayas señalaran posiciones lunares clave en el horizonte.

En cuanto a Venus, la historia es muy distinta. Las tablas del planeta señalan ortos y ocasos heliacos, fenómenos que ocurren en el horizonte. Para los mayas, la aparición y la desaparición de Venus revestían la mayor importancia. Como hemos de ver también en el capítulo v, se han encontrado alineamientos significativos de Venus respecto al horizonte en el Palacio del Gobernador de Uxmal, El Caracol de Chichén Itzá y en todas partes. Descubriremos que el ciclo de 2 920 días, incluido en las páginas 46-50 del *Códice de Dresde*, está captado en las jambas de las ventanas de El Caracol.

Tal como aparecen en las inscripciones de monumentos y manuscritos, los cálculos del año trópico eran tan exactos como el almanaque de Venus. Las observaciones del

Sol en el horizonte y las fechas de los ortos y ocasos heliacos de las estrellas brillantes ofrecen dos métodos para llegar a la información que encontramos en las inscripciones.

Si bien la mayor parte de los almanaques contenidos en los códices (véase el simple ejemplo del *Códice de Dresde*, páginas 17c-18c, expuesto con anterioridad) por lo general se consideran representaciones de ciclos cronológicos interminables, la mayoría de los investigadores concibe las tablas astronómicas destacadas tanto en esta sección como en diversos otros almanaques que incorporan fechas de la Cuenta Larga, como efemérides o tablas predictivas que se refieren a acaecimientos específicos en un periodo cronológico particular: lo que en su mayoría llaman los investigadores tablas de "tiempo real". Por ejemplo, ahora se han presentado tablas de base estacional del *Dresde* y del *Madrid* en las que se incorporan Venus, Marte, los eclipses y otros fenómenos astronómicos. De suprema importancia entre ellas es la elaborada y larga tabla que cubre las páginas 61-69 del *Códice de Dresde*; tiene el doble de fechas base de entrada que cualquier otra tabla y emplea la notación de un pictún (de un orden superior al baktún).⁶¹ Para no perderse en la discusión acerca de la función de las tablas astronómicas, en la base de lo que está escrito en los códices debe haber un sistema preciso de observación astronómica.

Los logros de los astrónomos mayas revelados en sus inscripciones parecen aún más sorprendentes para nuestra mentalidad occidental cuando nos damos cuenta de que los ciclos celestiales fueron descubiertos sin ayuda de los instrumentos de precisión, que tanto sirvieron a los astrónomos europeos en el desarrollo de nuestro calendario moderno, especialmente durante el Renacimiento. En el capítulo siguiente seguiremos explorando los ingeniosos esquemas de observación que emplearon los mayas para incorporar alineamientos celestiales en los planos arquitectónicos de muchas construcciones mesoamericanas, diseñadas especialmente con el propósito de registrar observaciones astronómicas. Como hemos visto, es posible que en las entradas de algunos edificios también se hayan usado varas con muescas, pero estos dispositivos difieren totalmente en concepto del sextante, el bastón de Jacob y la esfera armilar, los dispositivos de medición angular graduados que emplearon los astrónomos europeos antes del telescopio.

Combinando el peso del testimonio de las inscripciones, la información del capítulo v sobre la función de la astronomía en la arquitectura mesoamericana y la planeación urbana, además de la exposición sobre la astronomía a simple vista del capítulo

⁶¹ Los Bricker demuestran cómo pudo usarse esa tabla para correlacionar el Haab tanto con las temporadas de eclipses como con los solsticios y los equinoccios en el año trópico aproximadamente a mediados del siglo ix. También demuestran cómo se cambiaba la base de datos cada vez que el retroceso del año trópico a lo largo del Haab era significativamente grande. Otro indicio para seguir el año trópico por medio del Haab aparece en las páginas 29b-39b y 40c-41c del *Códice de Dresde* y en 10bc-11bc del *Madrid* (V. y H. Bricker, 1988).

III, se demostrará no sólo que los logros astronómicos de los mesoamericanos fueron enteramente posibles gracias a la observación directa del cielo a simple vista, sino también que el calendario desarrollado por ellos es precisamente lo que podría esperarse de una cultura que contaba con observadores del cielo interesados y perceptivos a tono con el entorno natural.

APÉNDICE A

El problema de la correlación de fechas mayas y cristianas

Podemos contentarnos con expresar la historia de los mayas en un tiempo exclusivamente maya (por ejemplo, valiéndonos de fechas de la Cuenta Larga y de rueda calendárica); pero en muchos estudios, y especialmente en astronomía, hay una ventaja evidente en aprender a homologar determinada posición en la Cuenta Larga maya con una fecha en el calendario cristiano. Expresado en términos algebraicos, el problema de la correlación busca resolver la ecuación

$$CL + A = FJ,$$

donde CL es una fecha de la Cuenta Larga en el calendario maya y FJ una fecha en el calendario cristiano. Los astrónomos modernos definen la fecha juliana como el número de días transcurridos desde el 1° de enero de 4712 a.C. El término A que las vincula se llama constante de correlación (primeramente “ecuación Ahau”, toda vez que la fecha de partida 0.0.0.0.0 es una fecha de Ahau). Con el transcurso de los años se han propuesto varios valores de A, con base en hipótesis históricas y (principalmente) astronómicas que se ubican entre *ca.* 450 000 y 775 000 días (intervalo cercano a un milenio de longitud). David H. Kelley (1976) ofrece una revisión total. En tanto que el asunto de la correlación siempre había sido un largo problema contencioso, algunos adelantos de las décadas finales del siglo xx han reducido el alcance de las constantes de correlación propuestas desde varios siglos hasta dos simples días. En la actualidad, la constante de correlación Goodman-Martínez-Thompson (GMT) $A = 584\,283$ y la llamada GMT “modificada”, donde $A = 584\,285$, surgen como las únicas contendientes razonables. Thompson (1927, 1935; véase actualización en Edmonson, 1988) hace el comentario más completo en defensa de esta interpretación.

La idea de que sólo una constante de correlación es correcta para todo el mundo maya y para toda época se apoya en dos supuestos:

- a) Que cuando se escribieron los códices y las inscripciones se llevaba un solo calendario unificado en toda el área maya, y
- b) que no se ha modificado el calendario desde la época de esos escritos.

En cuanto al primer supuesto, sabemos que el método de contar lunas cambió en Copán en el pináculo del Periodo Clásico. ¿Puede el procedimiento de la Cuenta Larga haber sufrido también ajustes? La historia de los calendarios nos enseña que incluso el nuestro fue pellizcado en diversas ocasiones. Sin embargo, ninguno de los almanaques de las tierras altas de Guatemala, históricamente existentes, muestra ninguna ruptura de un solo día con el calendario arcaico (Thompson, 1950, p. 310).

La correlación ideal debe concordar con la información aportada por los documentos históricos que aparecieron en tiempos de la Conquista, las inscripciones, los testimonios astronómicos, la cerámica y las consideraciones estilísticas. Al parecer, lo mejor sería una correlación derivada únicamente de las inscripciones, pues no hay necesidad de preocuparse por la validez o la confiabilidad de los documentos históricos posteriores a la Conquista. Antes de examinar aunque sea un simple esquema para convertir fechas mayas a fechas cristianas (y viceversa), examinemos brevemente los argumentos subyacentes a las bases de la correlación GMT, la más amplia, si no es que universalmente aceptada.

La constante de correlación GMT se apoya primordialmente en la información de un documento histórico, la *Crónica de Oxcutzcab* (Yucatán), la cual señala que el 13 Ahau 8 Xul, año de 1539 d.C., terminó un tun. Ahora bien, sólo un puñado de fechas de la Cuenta Larga en la historia maya llenan la condición necesaria. Una fecha 13 Ahau 8 Xuk se repite cada 52 haabs (18980 días). Una fecha de rueda calendárica coincidirá con un fin de tun cada 341 640 o 2.7.9.0.0 días (el mínimo común múltiplo integral de 18980 y 360). Para decidir cuál Cuenta Larga es correcta, empleamos el método desarrollado previamente en este capítulo. Empezamos por enumerar la primera fecha 13 Ahau 8 Xul y todas las subsecuentes a 0.0.0.0.0:

Dada	0.0.0.0.0	4 Ahau 8 Cumku
para obtener la primera fecha de 8 Xul se agregan	+ 6.5	
	0.0.0.6.5	12 Chicchán 8 Xul.

Hay 235 días de 12 Chicchán a 13 Ahau, la fecha deseada de fin del katún, y 365 días de 8 Xul al siguiente 8 Xul. Para hacer corresponder entre sí los componentes de rueda calendárica apropiados debemos a) recorrer el ciclo del año común un número entero de veces y b) recorrer la rueda del Tzol kin un número entero de veces con un sobrante de 235. Esta condición se satisface como sigue:

$$27 \times 365 \text{ días} = 37 \times 260 \text{ días} + 235 = 9855 \text{ días.}$$

De ese modo, nuestro primer 13 Ahau 8 Xul se puede obtener agregando 9855 días (1.7.6.15) a 0.0.0.6.5:

$$\begin{array}{r}
 0.0.0.6.5 \\
 + \quad \underline{1.7.6.15} \\
 0.1.7.13.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul} \\
 + \quad \underline{2.7.90.0} \\
 2.8.16.13.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul.}
 \end{array}$$

Ahora bien, una rueda calendárica antes de esta fecha, tenemos un 13 Ahau 8 Xul, que también puso término a un tun. Restando llegamos a seis posibles opciones para una solución:

$$\begin{array}{r}
 2.8.16.13.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul} \\
 - \quad \underline{2.12.13.0} \\
 2.6.4.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de tun (primera opción)} \\
 + \quad \underline{2.7.9.0.0} \\
 5.13.13.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de un tun (segunda opción)} \\
 + \quad \underline{2.7.9.0.0} \\
 7.1.2.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de un tun (tercera opción)} \\
 + \quad \underline{2.7.9.0.0} \\
 9.8.11.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de un tun (cuarta opción)} \\
 + \quad \underline{2.7.9.0.0} \\
 11.16.0.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de un tun (quinta opción)} \\
 + \quad \underline{2.7.9.0.0} \\
 14.3.9.0.0 \quad 13 \text{ Ahau } 8 \text{ Xul y fin de un tun (sexta opción).}
 \end{array}$$

De las seis opciones para una Cuenta Larga correspondiente, sólo vale la pena considerar las tres últimas. La sexta opción sitúa todas las inscripciones mayas antes de la era cristiana, contradiciendo así los datos de carbono radiactivo, en tanto que la cuarta fecha junto con todas las primeras haría que la mayor parte de las inscripciones labradas coincidieran con la Conquista (o la siguieran). La primera fecha tiene además la ventaja de que no sólo es fin de tun sino también de katún. Otros documentos históricos corroboran esta interpretación situando un fin de katún a pocos años de 1540 d.C.

Otros dos fragmentos históricos nos permiten afinar la puntería hacia una fecha cristiana específica que corresponda a 11.16.0.0.0.

a) En sus escritos, el obispo Diego de Landa compara un calendario maya con un calendario cristiano. En esas circunstancias pone un 12 Kan 2 Pop frente al 16 de julio de 1553.

b) En el *Libro de Chilam Balam de Tizimín* 11 Chuen 18 o 19 Zac se sitúa ante el

15 de febrero de 1544. (Una exposición completa de este criterio puede verse en Edmonson, 1982.)

Todos los datos reunidos concuerdan con la ecuación 3 de noviembre de 1539 = 11.16.0.0.0. De ese modo, encontramos que para la correlación GMT, u "11.16", $A = 584\,283$ y que el correspondiente punto cero del calendario resulta ser 12 de agosto de 3114 a.C. (-3113), fecha sin obvia significación histórica o astronómica.⁶²

Además de la consistencia histórica, un sólido argumento en favor de la correlación GMT son los muchos casos de concordancia entre el acaecimiento de fenómenos astronómicos registrados en las inscripciones y los obtenidos con base en cálculos astronómicos modernos. Y, finalmente, los almanaques de 260 días que subsistieron tras la Conquista y continúan operando muestran sin excepción una sincronía con la constante de 584 283.

Si bien la mayoría de los estudios astronómicos en tiempo real de las inscripciones mayas usan la constante de correlación GMT de 584 283 (cf., por ejemplo, Aveni, 1992c, y V. Bricker, 1988), un considerable número de ellos (por ejemplo, Justeson, 1989; Lounsbury, 1983 y 1992a) emplean la constante 585 285, correlación GMT "modificada". Ésta se obtuvo recusando el supuesto de que todos los almanaques de 260 días mesoamericanos, de los que surgían diversos datos históricos, estaban realmente en sincronía. Lounsbury (1992a, pp. 198-200) ha presentado los argumentos más claros en apoyo de esa alternativa. Nosotros no participaremos en el debate de la correlación porque éste no es pertinente para la mayor parte del material que abordamos aquí. Los puros datos astronómicos no pueden resolver la discrepancia de dos días entre las constantes de correlación viables, dado que los fenómenos astronómicos a simple vista no son predecibles con una exactitud capaz de distinguir entre una y otra. Esto incluye a los eclipses, especialmente cuando nos damos cuenta de que los periodos de advertencia sobre ellos son los que se tabulan, en vez de los eclipses reales.

El esquema de correlación calendárica azteca más empleado sigue siendo el de Alfonso Caso (1960). Éste se basa en varios hechos históricos ocurridos en tiempos de la Conquista. Sin embargo, Rafael Tena (1987) ha propuesto una correlación alternativa que se basa en poner al principio el mes de Atlcahualo (y no el de Izcalli). Tena también agrega una ligera corrección como la del año bisiesto en forma de un día sin nombre

⁶² Como los cálculos astronómicos usan una notación de más y menos, incluyendo un año cero, se necesitan ajustes para adaptarse a las notaciones a.C. y d.C. de los historiadores. Para los años con más simplemente agréguese la notación d.C., sin ningún otro ajuste. Para cero y los años negativos agréguese -1 al año, suprimase el signo menos y luego agréguese la notación a.C. De ese modo:

0 será 1 a.C.
-1 será 2 a.C.
-2 será 3 a.C., etcétera.

cada cuatro años. (Véase una exposición sobre calendarios y correlaciones panmeso-americanos en Edmonson, 1988.)

APÉNDICE B

Esquema para la conversión de fechas mayas

Si bien hay disponibilidad de programas de paquete computarizado para hacerlo (véanse referencias al final de este capítulo), con ánimo de comprender los principios que intervienen en la conversión de fechas, este apéndice presenta un simple procedimiento para convertir una fecha de la Cuenta Larga maya en una fecha cristiana y viceversa “a la manera de antes”. Como primer ejemplo escogemos la fecha de la Cuenta Larga de la Placa de Leyden, 8.14.3.1.12, y recurrimos a la correlación GMT ($A = 584\,283$):

1. Valiéndonos del cuadro 14 convertimos la Cuenta Larga en días:

$$\begin{array}{rcl}
 8 \text{ baktunes} & = & 1152\,000 \text{ días} \\
 14 \text{ katunes} & = & 100\,800 \\
 3 \text{ tunes} & = & 1\,080 \\
 1 \text{ uinal} & = & 20 \\
 12 \text{ kins} & = & 12 \\
 \hline
 \text{Total} & = & 1\,253\,912 \text{ días.}
 \end{array}$$

2. Agregamos a este total la constante 584283, para llegar así al número de días julianos:

$$\begin{array}{r}
 1\,253\,912 \text{ días} \\
 + \quad 584\,283 \\
 \hline
 1\,838\,195 \text{ días.}
 \end{array}$$

3. El cuadro 24 convierte el día cero de cada siglo en número de días julianos. De este cuadro escogemos el número de días julianos más próximo *pero más pequeño* que el número de días dado. En este caso, es 1 830 632 (opuesto a 300 d.C.). Restamos esta cantidad del número dado de días:

$$\begin{array}{r}
 1\,838\,195 \text{ días} \\
 - 1\,830\,632 \\
 \hline
 7\,563 \text{ días.}
 \end{array}$$

CUADRO 24. *Número de día juliano del día cero de cada siglo*
(500 a.C. a 1500 d.C.)

Año del siglo		Núm. de día juliano
a.C.	500	1 538 432
	400	1 574 957
	300	1 611 482
	200	1 648 007
	100	1 684 532
	0	1 721 057
d.C.	100	1 757 582
	200	1 794 107
	300	1 830 632
	400	1 867 157
	500	1 903 682
	600	1 940 207
	700	1 976 732
	800	2 013 257
	900	2 049 782
	1000	2 086 307
	1100	2 122 832
	1200	2 159 357
	1300	2 195 882
	1400	2 232 407
	1500	2 268 932
	1600	2 305 457
	1700	2 341 982
	1800	2 378 507
	1900	2 415 032
	2000	2 451 557

De ese modo, la fecha reducida equivale a 300 d.C. + 7 563 días.

4. Luego, convertimos 7 563 días en un número equivalente de años, meses y días del mes. Dividiendo entre el número de días de un año juliano:

$$7\,563 \div 365.25 = 20.7064 \text{ años.}$$

La fecha pasa a ser 320.7064 d.C.

5. Para convertir la porción decimal de la fecha en mes y día del mes, empleamos el cuadro 25. Así, se encuentra que la fecha más cercana a .7064 es 15 de septiembre.

CUADRO 25. *Fracción de un año que representa una fecha dada*

<i>Día del mes</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>Mayo</i>
0.0	.0000	.0849	.1615	.2464	.3285
1.0	.0027	.0876	.1643	.2491	.3313
2.0	.0055	.0904	.1670	.2519	.3349
3.0	.0082	.0931	.1698	.2546	.3368
4.0	0.0110	0.0958	0.1725	0.2574	0.3395
5.0	.0137	.0986	.1752	.2601	.3422
6.0	.0164	.1013	.1780	.2628	.3450
7.0	.0192	.1040	.1807	.2656	.3477
8.0	.0219	.1068	.1834	.2683	.3505
9.0	0.0246	0.1095	0.1862	0.2711	0.3532
10.0	.0274	.1123	.1889	.2738	.3559
11.0	.0301	.1150	.1917	.2765	.3587
12.0	.0329	.1177	.1944	.2793	.3614
13.0	.0356	.1205	.1971	.2820	.3641
14.0	0.0383	0.1232	0.1999	0.2847	0.3669
15.0	0.0411	.1259	.2026	.2875	.3696
16.0	.0438	.1287	.2053	.2902	.3723
17.0	.0465	.1314	.2081	.2930	.3751
18.0	.0493	.1342	.2108	.2957	.3778
19.0	0.0520	0.1369	0.2136	0.2984	0.3806
20.0	.0548	.1396	.2163	.3012	.3833
21.0	.0575	.1424	.2190	.3039	.3860
22.0	.0602	.1451	.2218	.3066	.3888
23.0	.0630	.1478	.2245	.3094	.3915
24.0	0.0657	0.1506	0.2272	0.3121	0.3943
25.0	.0684	.1533	.2300	.3149	.3970
26.0	.0712	.1561	.2327	.3176	.3997
27.0	.0739	.1588	.2355	.3203	.4025
28.0	.0767	.1615	.2382	.3231	.4052
29.0	0.0797		0.2409	0.3258	0.4079
30.0	.0821		.2437	.3285	.4107
31.0	.0849		.2464		.4134

NOTA: Las columnas se traslapan por convenir al lector, o sea, 0 de febreo = 31 de enero.

CUADRO 25. *Fracción de un año que representa una fecha dada (concluye)*

<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sept.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
.4134	.4956	.5804	.6653	.7474	.8323	.9145
.4162	.4983	.5832	.6680	.7502	.8351	.9172
.4180	.5010	.5859	.6708	.7529	.8379	.9199
.4216	.5038	.5887	.6735	.7557	.8405	.9227
0.4244	0.5065	0.5914	0.6763	0.7584	0.8433	0.9254
.4271	.5093	.5941	.6790	.7611	.8460	.9282
.4299	.5120	.5969	.6817	.7639	.8488	.9309
.4326	.5147	.5996	.6845	.7666	.8515	.9336
.4353	.5175	.6023	.6872	.7694	.8542	.9364
0.4381	0.5202	0.6051	0.6900	0.7721	0.8570	0.9391
.4408	.5229	.6078	.6927	.7748	.8597	.9418
.4435	.5257	.6106	.6954	.7776	.8624	.9446
.4463	.5284	.6133	.6982	.7803	.8642	.9473
.4490	.5312	.6160	.7009	.7830	.8679	.9501
0.4518	0.5339	0.6188	0.7036	0.7858	.8707	0.9528
.4545	.5366	.6215	.7064	.7885	.8734	.9555
.4572	.5394	.6242	.7091	.7913	.8761	.9583
.4600	.5421	.6270	.7119	.7940	.8789	.9610
.4627	.5448	.6297	.7146	.7967	.8816	.9637
0.4654	0.5476	0.6325	0.7173	0.7995	0.8843	0.9665
.4682	.5503	.6352	.7201	.8022	.8871	.9692
.4709	.5531	.6379	.7228	.8049	.8898	.9720
.4737	.5558	.6407	.7255	.8077	.8926	.9747
.4764	.5585	.6434	.7283	.8104	.8953	.9774
0.4791	0.5613	0.6461	0.7310	0.8132	0.8980	0.9802
.4819	.5640	.6489	.7338	.8159	.9008	.9829
.4846	.5667	.6516	.7365	.8186	.9035	.9856
.4873	.5695	.6544	.7392	.8214	.9062	.9884
.4901	.5722	.6571	.7420	.8241	.9090	.9911
0.4928	0.5750	.6598	0.7447	0.8268	0.9117	0.9939
.4956	.5777	.6626	.7474	.8296	.9145	.9966
	.5804	.6653		.8323		.9993

Como 320 d.C. fue un año bisiesto, debe restarse un día. La conversión terminada se lee:

$$8.14.3.1.12 = 14 \text{ de septiembre de } 320 \text{ d.C. (GMT).}$$

(La correlación GMT modificada daría una fecha de dos días después o 16 de septiembre.)

Como es útil el proceso inverso de convertir una fecha cristiana a notación maya, esté procedimiento se explica con un ejemplo. Supóngase que deseamos convertir a notación maya el 20 de noviembre de 934 d.C., la probable fecha de instalación de la tabla de Venus del *Códice de Dresde*, valiéndonos de la correlación GMT modificada, $A = 584\,285$:

1. Recurriendo a la técnica del ejemplo anterior, pero en sentido inverso, empezamos usando el cuadro 25 para convertir el 20 de noviembre a una fracción decimal de un año. (De haber sido 934 d.C. año bisiesto tendríamos que desplazarnos una línea adelante en el cuadro.) De ese modo,

$$20 \text{ de noviembre de } 934 \text{ d.C.} = 934.8871 \text{ d.C.}$$

2. Dividimos ese intervalo en la suma de siglo más el número entero de días más cercano:

$$\begin{aligned} 934.8871 \text{ años} &= 900 \text{ años} + 34.8871 \text{ años} \\ &= 900 \text{ años} + 34.8871 \times 365.25 \text{ días/año} \\ &= 900 \text{ años} + 12\,743 \text{ días.} \end{aligned}$$

3. Luego, usamos el cuadro 24 para convertir el año del siglo en días julianos; de ese modo,

$$900 \text{ años} = 2\,049\,782 \text{ días}$$

y

$$\begin{aligned} 20 \text{ de noviembre de } 934 \text{ d.C.} &= 2\,049\,782 \text{ días} + 12\,743 \text{ días} \\ &= 2\,062\,525. \end{aligned}$$

4. Sustituyendo en $CL = FJ - A$

$$\begin{aligned} CL &= 2\,062\,525 - 584\,285 \\ \text{o } CL &= 1\,478\,240. \end{aligned}$$

CUADRO 26. *Conversión de fecha gregoriana a juliana en un siglo dado: réstese X a la fecha gregoriana*

Siglo	X	Siglo	X
1400	-9	300	-1
1300	-8	200	0
1100	-7	100	+1
1000	-6	100 a.C.	+2
900	-5	200 a.C.	+3
700	-4	300 a.C.	+4
600	-3	500 a.C.	+5
500	-2	600 a.C.	+6

5. Finalmente, podemos usar el cuadro 14 para convertir ese número de días a una Cuenta Larga maya, obteniendo como resultado que 1 364 361 días = 9.9.9.16.0. Por lo cual,

20 de noviembre de 934 d.C. = 9.9.9.16.0.

Nota sobre calendario juliano vs. calendario gregoriano

En la bibliografía ha habido gran confusión respecto a que las fechas se deban expresar en notación gregoriana o juliana. Los cálculos astronómicos favorecen a esta última, pues la notación es continua y sin rupturas. Pese a que dé equinoccios y solsticios en fechas a las que estamos acostumbrados, la notación gregoriana deja al usuario expuesto a cometer errores sencillos. Ocurre así porque prácticamente todas las efemérides astronómicas modernas ya están expresadas en notación juliana. El cuadro 26 debe ser útil a fin de facilitar la conversión de cualesquiera fechas gregorianas que se puedan encontrar.

LECTURAS SELECTAS ADICIONALES

En este capítulo el tratamiento de la cronología y el calendario se ha orientado específicamente hacia la astronomía. A fin de obtener una perspectiva más amplia del asunto, el lector deberá consultar las útiles referencias bibliográficas siguientes (la lista sólo

incluye artículos informativos; sobre artículos específicos citados en el texto véase la bibliografía general):

- Edmonson, M. (1988), *The book of the year: Middle American calendrical studies*, University of Utah Press, Salt Lake City. Ofrece una compilación completa de todos los sistemas calendáricos anuales de Mesoamérica.
- Justeson, J. (1989), "Ancient Maya ethnoastronomy: An overview of the hieroglyphic sources", en A. F. Aveni (comp.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 76-129.
- Kelley, D. H. (1976), *Deciphering the Mayas script*, University of Texas Press, Austin. Incluye un estudio completo del asunto de la correlación.
- (1977), "Maya astronomical tables and inscriptions", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 57-73.
- Kelley, D. H., y K. A. Kerr (1974), "Maya astronomy and astronomical glyphs", en E. Benson (comp.), *Mesoamerican writing systems*, Dumbarton Oaks, Research Library and Collections, Washington, D. C., pp. 179-215.
- Kelley, D., y E. Milone (2001), *Exploring ancient skies*, Springer, Nueva York.
- Lounsbury, F. G. (1978), "Maya numeration, computation and calendrical astronomy" en Gillispie (comp.), *Dictionary of Scientific Biography* 15, supl. 1, Scribner's, Nueva York, pp. 759-818.
- Marcus, J. (1976), "Origins of Mesoamerican writing", *Annual Review of Anthropology* 5, pp. 35-68. Escaso enfoque en la astronomía, pero útil referencia que aborda los primeros usos de diversos componentes calendáricos.
- Milbrath, S. (1999), *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*, University of Texas Press, Austin. Estudio abierto de un historiador del arte que se centra en la imaginaria mesoamericana vinculada a la astronomía y los calendarios.
- Satterthwaite, L., Jr. (1947), *Concepts and structures of Maya calendrical arithmetics*. Joint Publications of the University of Pennsylvania Museum and the Philadelphia Anthropological Society, 3, Filadelfia. Conocida por pocos, esta útil publicación se enfoca principalmente en el modo en que se hicieron los cálculos.
- Spinden, H. J. (1924), *The reduction of Maya dates*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers 6 (4.) Aunque incluye las bases de la caduca correlación de Spinden, esta fuente ofrece varias ideas importantes para la práctica astronómica maya.
- Teeple, J. E. (1930), *Maya astronomy*, Carnegie Institution of Washington Publication 405, contr. 2. Una obra precursora, especialmente útil para un examen de la serie suplementaria.

Catálogos de jeroglíficos:

- Kurbjuhn, C. (1989), *Maya: The complete catalog of glyph readings*. Schneider and Weber, Kassel.
- Macri, M. (s. f.), "A lunar origin for the Mesoamerican calendar of 20, 13, 9 and 7 days", en C. Esteban y J. A. Belmonte (comps.), *Astronomy and cultural diversity*; en prensa.
- Schele, L., (1982), *Maya glyphs: The verbs*, University of Texas Press, Austin.
- Thompson, J. E. S. (1962), *A catalog of Maya hieroglyphs*, University of Oklahoma Press, Norman.
- Zimmermann, G. (1956), *Die Hieroglyphen der Maya Handschriften*, Universität Hamburg, Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandskunde 57, Hamburgo.

Excelentes presentaciones de los códices mayas:

- Bricker, V., y G. Vail (comps.) (1997), *Papers on the Madrid Codex*, Tulane University: Middle American Research Institute Publication 64, Tulane University, Nueva Orleans.
- Coe, M. D. (1973), *The Maya scribe and his world*, Grolier, Nueva York. Incluye una reproducción del Códice Grolier.
- Davoust, M. (1997), *Un nouveau commentaire du Codex de Dresden*, CNRS, París.
- Grube, N., y L. Schele (1997), *Notebook for the XXist Maya hieroglyphic workshop, March 8-9, 1997*, University of Texas Department of Art and Art History, College of Fine Arts y el Institute of Latin American Studies, Austin.
- Harris, J., y S. Stearns (1997), *Understanding Maya inscriptions*, 2ª ed. rev., University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, Filadelfia.
- Lee, T. (1985), *Los códices mayas*, Universidad Autónoma de Chiapas, Campeche. Se reproducen los cuatro códices.
- Love, B. (1994), *The Paris codex: Handbook for a Maya priest*, University of Texas Press, Austin. Incluye una reproducción del códice.
- Schele, L., y D. Freidel (1990), *A forest of kings: The untold story of the ancient maya*. William Morrow, Nueva York. [Hay edición en español del FCE.]
- Schele, L., y P. Mathews (1998), *The code of kings: The language of seven sacred Maya temples and tombs*, Scribner's, Nueva York.
- Tedlock, B. (1999), "Maya astronomy: What we know and how we know it," *Archaeoastronomy: Journal of Archaeoastronomy in Culture* 24 (1): 39-58. Una excelente exposición de cómo los conceptos y las prácticas de la astronomía posteriores al contacto pueden aportar ideas sobre la estructura y la operación de las partes astronómicas

de los códices. Entre los más importantes se cuenta el *Códice Quiché*, fechado en 1722 y con una extraordinaria similitud con la tabla de Venus.

Thompson, J. E. S. (1972), *A commentary on the Dresden Codex, a Maya hieroglyphic book*, American Philosophical Society Memoirs 93, Filadelfia. Incluye una reproducción del código. [Hay edición en español del FCE.]

Villacorta, J., y C. Villacorta (1977), *Códices mayas*, reproducidos y desarrollados, Guatemala, reproducciones de los códices de Dresde, París y Madrid.

Programas para computadora acerca de la astronomía y el calendario:

Mayan Calendrics, Dolphin Software, 48 Shattuck Sq. # 147, Berkeley, CA 94704. Aporta conversión de datos completa.

Véase en pauhtun.org un impresionante conjunto de útiles herramientas de cálculo que pertenecen al sistema calendárico de los mayas.

V. LA ASTRONOMÍA Y LA ARQUITECTURA EN LA AMÉRICA ANTIGUA Y LA CUENCA DEL MEDITERRÁNEO

Then to her Patron Saint a previous rite
Resounded with deep swell and solemn close,
Through unremitting vigils of the night,
Till from his couch the wished-for Sun uprose.

He rose, and straight —as by divine command—
They, who had waited for that sign to trace
Their work's foundation, gave with careful hand
To the high altar its determined place.

WORDSWORTH, "On Seeing the Foundation Preparing for the
Erection of Rydal Chapel, Westmoreland", 1823¹

Vivir en la ciudad era simultáneamente tener todo el conocimiento cosmológico presentado a los sentidos, pues la ciudad, fuese Roma con su *cardo*, fuese Tenochtitlan con su eje equinoccial, igualaba al cosmos en su traza, en su orientación, ... en la manera en que transmitía la continuidad entre el cuerpo y el mundo.

PETER J. WILSON, *The Domestication of the Human Species*²

EL MOTIVO DE LA ORIENTACIÓN

Como, excepto la simple cardinalidad, ningún edificio de Nueva York, Viena o Tokio modernos muestra ninguna orientación astronómica premeditada, ¿por qué habríamos

¹ Wordsworth, "Preparación de los cimientos para la construcción de la capilla de Rydal, Westmoreland", en *Wordsworth: Poetical Works*, comp. E. de Schincoourt (Oxford, Oxford University Press, 1969). Ulteriormente, en una explicación, el poeta observó:

Nuestras iglesias, tal vez invariablemente, se yerguen de este a oeste, aunque pocas personas sepan exactamente por qué o estén enteradas de que el grado de desviación del verdadero este visible que se apreciaba en los templos antiguos estaba determinado, en cada caso particular, por el punto del horizonte en que el Sol salía el día del santo patrón al que estaba dedicada la iglesia (Dinsmoor, 1939, p. 102).

² P. J. Wilson, *The Domestication of the Human Species*, p. 75.

de esperar que los antiguos obraran de otro modo al erigir sus edificaciones? La cita de Wordsworth puesta como epígrafe nos da una pista para la respuesta a nuestra pregunta: el edificio mencionado en él era parte del espacio religioso del pueblo que lo construyó.

Como lo sugiere la raíz de la palabra, originalmente orientación significaba la desviación angular en dirección del este verdadero, un lugar escogido tal vez porque representaba la posición mediana de las salidas del sol en el transcurso del año: la región hacia la que se miraba para rezar al dios Sol. La religión es sólo uno de los factores que pudo haber determinado la orientación de las edificaciones en varios contextos culturales. Entre otros factores se cuentan:

1. La topografía o la geomorfología

La geomorfología concierne a la relación de estructuras del paisaje, las calles u otras construcciones. Los alineamientos de los edificios tal vez fueron dictados por la forma de la colina o del valle en que se levanta una estructura, el curso de un río adyacente a un sitio arquitectónico o la configuración del litoral. En las ciudades modernas, los alineamientos de muchas construcciones caen dentro de esta categoría, con frecuencia porque fueron ubicados y orientados de acuerdo con un proyecto urbano dispuesto mucho tiempo atrás.

2. El clima

Entre los factores sobre la orientación que generalmente se consideran creadores de un entorno sano se cuentan la dirección de los vientos dominantes y la maximización de la luz y del calor estacionales. Es de esperar que las condiciones meteorológicas influyan más en la ubicación de unidades habitacionales en oposición a los centros cívicos o ceremoniales; por ejemplo, éste fue el factor principal en el trazo de Mayapán (Carlson, 1983) y la orientación de las moradas atoni en Timor (Cunningham, 1973).

3. El magnetismo y la geomancia

En la mayoría de las culturas, uno de los motivos excepcionales de la orientación, pero que evidentemente desempeñó un papel preponderante en la ciudad china antigua (Wheatley, 1971), fue el magnetismo terrestre combinado con varios otros factores en una categoría bastante nebulosa que John B. Carlson llama geomancia: “un proceso adivinatorio oculto que determinaba la localización y la orientación de todas las construcciones humanas”. La geomancia consistía en “una constelación de elementos físicos, culturales y con frecuencia místicos usados para poner al hombre y sus moradas [...] en armonía con las ‘fuerzas cósmicas’” (Carlson, 1983, p. 52). Si bien se ha seña-

lado (Fuson, 1969; Sartor, 1974) que muchas de las edificaciones **mayas se alinean** con la actual declinación magnética de Yucatán (6°-8° este del norte), **también se ha dicho** que cualquier relación de causa a efecto probablemente sea **fortuita** (Aveni, 1975b; Carlson, 1975).

4. *Consideraciones sociales*

Ciertos factores vinculados a la política, a la economía o a consideraciones tecnológicas, entre otros la posición de estructuras defensivas o el establecimiento de rutas comerciales, sirven con frecuencia para determinar el modo de proyectar una construcción.

5. *La casualidad o el azar*

Debido a que las ciudades modernas suelen construirse en sitios de asentamientos previos, a menudo conservando los alineamientos originales por conveniencia de la construcción, podemos perder de vista las consideraciones de nuestros antepasados. Los factores subyacentes al establecimiento original de un proyecto urbano pueden ser totalmente improcedentes en el contexto actual. Por ejemplo, Tichy (1974) y Siemens (1983), respectivamente, han descubierto que, en ciertas regiones de México, los alineamientos de las iglesias y las tierras de labor simplemente siguen las direcciones de los alineamientos ya establecidos en tiempos precolombinos. Dinsmoor (1939, p. 96) nos dice que las edificaciones más antiguas de la Escuela Británica de Atenas se ubican sobre el sitio de una cancha de tenis que ofrecía una excavación ya hecha para los cimientos.

6. *La astronomía*

Se ha suscitado un debate general sobre la medida en que los fenómenos astronómicos tuvieron que ver en la orientación de construcciones antiguas de varias culturas. Las explicaciones van desde una fe ciega en la astronomía en tanto que conocimiento de suyo preciso (hipótesis preconizada por Thom [1967] para muchos de los alineamientos de sitios megalíticos británicos), por una parte, hasta la astronomía con propósitos prácticos, como el establecimiento de un calendario cívico o agrícola general, usado para determinar la orientación, por la otra.

Los estudios de orientación astronómica carecen de significado a menos que quienes realizan esas investigaciones se tomen la molestia de articular la relación entre los datos que recaban y las teorías de la cultura. Como se quejaba un arqueólogo, "estas personas responden a interrogantes que, desde un punto de vista social, nadie plantea" (Kintigh, 1992, p. 1). "Estas personas" incluye a investigadores que han popularizado la interdisciplina de la arqueoastronomía, la cual ha puesto atención especial en el problema de la orientación. Con frecuencia, los arqueólogos consideran a estos investigadores como una horda de inspirados trabajadores de campo los sábados por la mañana, que

redescubren para sí mismos la trayectoria diaria y anual del Sol en el cielo (Judge, 1987, p. 7) y hacen pesar sus ingenuas revelaciones sobre las espaldas y en el cerebro de antepasados de cartón.

Como lo señala el segundo epígrafe que abre este capítulo (Wilson, 1988, p. 75), hace mucho tiempo que el habitante de la ciudad se había integrado a la estructura del universo. Wilson sostiene que la sociedad domesticada empezó con la adopción de la arquitectura como entorno de vida permanente, lo que trajo consigo “una aceptación de la estructura y la limitación”, junto con otras formas de expresión que fueron más “explícitas, personificadas, objetivas y extensamente limitadas” que las que habían existido en las sociedades nómadas abiertas (p. 78). El calendario y su *cosmovisión* concomitante representan un segmento del contenido temporal alojado en el marco urbano, cuyo propósito era estructurar, formalizar y objetivar la vida social. Los estudios de casos que reseñamos aquí revelan que los principios de orientación calendáricos (prácticos) y cósmicos (ideológicos) encontrados en un centro urbano en efecto persisten en otros. Vamos a centrarnos en dos interrogantes: 1) ¿cómo se manifiesta en el testimonio arqueológico el diálogo entre la naturaleza y la cultura (particularmente en su vinculación con el cielo tropical), de manera que converjan con otras interpretaciones de ese testimonio? y 2) ¿cómo afectan las “condiciones tropicales” la estrategia de una cultura para enriquecer los recursos que figuran tan creativamente en el desarrollo de un centro urbano?

Si entre las condiciones a las que deben responder las estrategias de adaptación incluimos la geografía, la ecología, la estacionalidad y los fenómenos celestes y si estamos de acuerdo en que el poder pertenece a quienes pueden “justificar sus metas en términos de los valores básicos” de la sociedad que gobiernan (Wheatley, 1971, p. 305), entonces nuestra tarea de inquirir sobre entornos de construcción orientados en el plano astronómico lógicamente nos lleva a preguntas vinculadas con la cultura: ¿Mediante qué serie de circunstancias logra el gobernante triunfador captar las metáforas celestiales que tienen significado para el pueblo? ¿Podemos distinguir formas recurrentes de esas expresivas metáforas celestes en los restos materiales de antiguos centros urbanos del Nuevo Mundo y cómo habrían sido sensibles esas expresiones para aquellos pueblos, dado lo que conocemos de sus hábitos y sus costumbres? Y finalmente una pregunta práctica: ¿Cómo se practicaba la ciencia de la predicción, es decir, qué mecanismos de regulación cronológicos (por ejemplo, orientaciones y alineamientos), que tengan sentido en términos de lo que conocemos de otros testimonios materiales de la cultura, son visibles para nosotros?

Los historiadores de la religión han seleccionado una serie de razones que motivaron a las culturas antiguas de todo el mundo a buscar proyectos divinos para la orientación de la arquitectura ceremonial. Por ejemplo, al hablar de la disposición espacial de

las construcciones en la ciudad china, el historiador de la religión Paul Wheatley (1971) sugiere que las religiones que específicamente asocian la creación del universo con el origen del hombre suelen escenificar la cosmogonía tratando de reproducir en la tierra una versión en miniatura del cosmos. Pero aquellos que relacionan la revelación divina con el sentido de la existencia humana a menudo abstraen a sus dioses del entorno, y los rituales concomitantes parecen tener poca relación con el ambiente. Así, en el Asia Oriental, y particularmente en Mesoamérica, en donde las hipótesis de la creación están fuertemente mitificadas, podemos esperar que la religión haya desempeñado un papel decisivo en la planeación del espacio ceremonial. (Recuérdese que, en el capítulo iv, la Cuenta Larga maya registraba todos los acaecimientos temporales a partir de la época de la creación más reciente, 4 000 años atrás.)

Interesado también en la comparación de los sistemas religiosos del mundo, el teólogo historiador Mircea Eliade (1958) da una explicación sobre las hierofanías cósmicas, a las que define como “lo sagrado revelado en diferentes niveles cósmicos” (p. xiii). Su presentación de las hierofanías arquitectónicas hace hincapié en el cohesivo vínculo entre la religión y la cosmología antiguas. (Algunos ejemplos de hierofanías arquitectónicas mesoamericanas se examinan posteriormente en este capítulo.) Al parecer, el uso de la arquitectura ceremonial para transmitir mensajes celestiales a una muchedumbre que realizaba algún ritual fue una manía del mundo clásico maya. Hay numerosos ejemplos de hechos importantes —inauguraciones, celebraciones de victorias en batalla, grandes momentos cruciales para los reyes— que se conmemoraban en días en los que ocurría algún fenómeno celeste importante. (Recuérdese el espectáculo celestial que rodeó el ascenso al trono de Chan Bahlum en Palenque, mencionado en el capítulo iv, pp. 231-232.) Aquellas escenificaciones teatrales tan elaboradas revelan, de una manera directa y decidida, las creencias mayas acerca de la esencia del poder celestial. La meta de la arquitectura ceremonial maya especializada aparentemente era imbuir en el espectador participante la misma clase de pasión que podía abrigar en el pecho un peregrino cristiano medieval que por primera vez veía brillar el sol a través de los vitrales emplomados de las catedrales de Chartres, Reims o Colonia, o inspirar actualmente a un patriota que ve ondear las banderas en una ceremonia militar formal. Para los antiguos mayas, el cosmos transmitía mensajes convincentes.

Por lo que hemos visto en el capítulo iii, el material etnohistórico indica que, tratándose de ritos religiosos, la mayor parte de las culturas de Mesoamérica prestaba al cielo una atención total. El testimonio escrito en las inscripciones monumentales y especialmente en los códices destaca aún más ese hecho. En Mesoamérica, el terreno religioso consistía en las pirámides templo y otros edificios ceremoniales, además de los espacios circundantes, todos construidos en la tierra por sus habitantes. Ellos constituían el centro de toda existencia terrenal y eran dominantes en la vida de los mora-

dores. El ámbito de los dioses eran el cielo y la bóveda celeste, resumidos en el orden natural del cosmos. Pero el cielo y la tierra estaban unidos porque, hecho a imagen y semejanza de los dioses, el gobernante era guiado por fuerzas celestiales. Por tanto, el centro de culto se constituyó en el lugar en que el pueblo se comunicaba con las deidades, en que pagaba la deuda por los dones que el cielo le había dado.

Reconociendo el estrecho vínculo que existe entre la religión y el cosmos en el mundo mesoamericano, en este capítulo trataremos de entender el grado en que la planeación y la orientación arquitectónicas en el paisaje mesoamericano fueron, en realidad, una expresión del conocimiento astronómico. ¿Qué podemos esperar descubrir?

Para empezar, como el desplazamiento celeste se efectúa en torno al eje norte-sur, deberíamos esperar que los primeros pobladores orientaran sus ciudades hacia los puntos cardinales a fin de reflejar la armonía del mundo.³ En este punto nos hallamos a horcajadas sobre la delgada línea que separa a la geomancia cósmica y la orientación astronómica científicamente funcional. De acuerdo con Asger Aaboe (1974), se podría suponer que cuando las sociedades se hicieron más estratificadas y, al ser más minuciosos en el establecimiento preciso de los puntos cardinales, los planificadores urbanos empezaron a usar un patrón de cuadrícula extensiva con marcadores asociados a lo largo del horizonte, a fin de determinar periodos precisos en el calendario. En aquel punto, la sociedad entró en búsquedas más científicas. La geomancia cósmica pura se transformó gradualmente en orientación astronómica, teniendo como meta, al menos en parte, fijar fechas en el calendario estacional y, al menos en cierto sentido, la ciudad se constituyó en instrumento astronómico en funcionamiento. Sin embargo, es importante señalar que, al mismo tiempo, la motivación religiosa subyacente tras la búsqueda de una idea del comportamiento celestial científico⁴ y posible de expresar matemáticamente se conservó sin mengua alguna. Finalmente, la astronomía debe tenerse por considerablemente avanzada a partir del momento en que se registraron las periodicidades cósmicas (esto es, desde que fueron asentadas por escrito y sintetizadas con

³ Pero una mirada retrospectiva al capítulo III, donde hablamos del Sol en el cenit y del movimiento vertical que describen las estrellas en los cielos tropicales, nos ofrece una perspectiva enteramente distinta de la que tuvieron ante sí los antiguos astrónomos a mayores latitudes.

⁴ El historiador de la ciencia Asger Aaboe (1974) reconoce dos niveles de astronomía precientífica: el nivel menos avanzado, caracterizado porque se da nombre a las estrellas fijas y a los planetas, el reconocimiento de la diferencia entre unas y otros, el reconocimiento de las estrellas matutinas y vespertinas como aspectos diferentes del mismo cuerpo y el uso de los ortos heliacos como indicadores estacionales; y el nivel más avanzado, que emplea ciclos matemáticos de diversos grados de complejidad para estudiar los periodos de los principales cuerpos del sistema solar. Esos periodos se emplean para predecir fenómenos astronómicos y, en las civilizaciones avanzadas, suministran información que puede servir de base para establecer modelos del universo. Luego del histórico desarrollo de la astronomía babilónica, Aaboe considera la teoría astronómica como "científica" sólo cuando puede ser formulada como "una descripción matemática de fenómenos celestiales capaz de producir predicciones numéricas que pueden probarse ante las observaciones" (p. 21).

el propósito de predecir ciclos celestiales, como las fases de la Luna, el movimiento retrógrado y los eclipses.) Por nuestra exposición sobre los calendarios mesoamericanos del capítulo IV sabemos que, a este respecto, se alcanzó un gran pináculo de realización mucho antes de los días previos a la Conquista.

El estudio de la relación entre la astronomía posicional y la planeación y disposición de las edificaciones es una búsqueda importante en el campo interdisciplinario de la arqueoastronomía.⁵ La relación puede ser compleja y a menudo los estudios producen resultados inciertos, pues, además de las consideraciones religiosas y astronómicas, la localización y orientación de un edificio, como ya hemos visto, pueden tener influencia de una combinación de varios factores más.⁶ No obstante, la orientación es la materia de todo aquel que estudia ruinas antiguas. En palabras de Somerville:

Aunque el agrimensor de una estructura prehistórica opinara que no hay “nada” en la orientación, la dirección en que la estructura está dispuesta sobre el suelo deberá reproducirse exactamente en los planos resultantes, así fuera sólo en interés del completamiento científico. En tanto no se haga esto, nunca quedará zanjada la cuestión de que, en realidad, hay o no orientación en esas estructuras de la antigüedad; y, si la hay, en dónde queda expresada [1927, p. 27].

A fin de captar la profundidad del conocimiento mesoamericano antiguo de la astronomía posicional, empezaremos considerando el papel de la astronomía en el plano general de la ciudad, entendida como un centro de poder entre cuyos atributos se cuentan una nutrida población concentrada, la agricultura intensiva, una presencia militar, el comercio, un sistema de clases sociales jerárquicamente estructurado y un trabajo especializado. Luego examinaremos aquellas estructuras individuales que posean formas u orientaciones peculiares para ver si su diseño pudo haber servido a algún propó-

⁵ En un principio, el término *astroarqueología* se empleó para designar esos estudios (Hawkins, 1966; Aveni, 1975b), particularmente cuando necesitan y utilizan datos de orientación obtenidos de los vestigios de ciudades antiguas.

⁶ Dada la preocupación de los antiguos mesoamericanos, particularmente los mayas, por los asuntos del calendario, las matemáticas y la astronomía, y considerando las sugerencias de los códices mixtecos de que los astrónomos pueden haber usado las entradas de templos estelares especiales para hacer sus observaciones, es sorprendente que el asunto de la orientación de los edificios haya recibido poca atención, al menos hasta la década de los setenta. La mayor parte de los primeros análisis del problema en obras bibliográficas se basaban en datos surgidos de mapas de sitio inexactos. En particular, en muchos mapas con frecuencia se trazaba erróneamente la dirección del verdadero norte; con frecuencia, los investigadores lo confundían con la orientación de la aguja de la brújula magnética y en muchos casos no se nos decía si se había aplicado alguna corrección para ajustar el norte magnético al norte verdadero. Cuando se hacía ese ajuste, a menudo mediante el uso de tablas de declinación magnética rebasadas, la exactitud del resultado seguía siendo dudosa porque la dirección del indicador de la brújula magnética varía en un breve lapso. En el apéndice B del capítulo III se describen algunas de las dificultades vinculadas a la recolección de datos confiables acerca de la orientación arquitectónica.

sito astronómico especializado, como el culto al Sol o a Venus. También las hierofanías astronómicas serán del interés de este capítulo, pues en algunos centros, particularmente en Palenque y Chichén Itzá, ciertos fenómenos arquitectónicos de luz y sombra diseñados de manera deliberada pueden haber desempeñado una función decisiva al determinar la ubicación de algunos de los monumentos más importantes. En todo momento, uno de nuestros objetivos será aprender cómo se incorpora la arqueoastronomía a las disciplinas establecidas (la arqueología, la antropología y la etnohistoria) que tratan de asuntos relacionados con el comportamiento cultural.

LA CIUDAD Y EL COSMOS: PLANEACIÓN URBANA EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO

La elección de un lugar para edificar la capital sagrada se determina mediante procesos que se originan en un complejo sistema de creencias cosmológicas. La naturaleza divina del lugar puede revelarse por medio de algunas señales obtenidas del cielo o tierra: la dirección de la brújula magnética, la presencia o ausencia de ciertas plantas o determinados animales, el paso de un cuerpo celeste particular por el cenit. Una vez revelado el lugar sagrado, su consagración evoca el mito de la creación mediante su restitución, por ejemplo, en la construcción del altar de sacrificios védico. Como lo explica el teólogo Alfred Jeremias:

La consagración del lugar obedecía a un doble simbolismo. Por una parte, la edificación del altar se concebía como creación del mundo. El agua con que se mezclaba la arcilla era la misma que las aguas primigenias; la arcilla que formaba la base del altar, la tierra; las paredes laterales, la atmósfera circundante y así sucesivamente. Por otra parte, la edificación del altar era una integración simbólica del tiempo, su "materialización en el propio cuerpo del altar". El altar del fuego es el año [...] Las noches son las piedras que lo rodean, y de ellas hay 360 porque en el año hay 360 noches; los días son los ladrillos de *yajusmati*, pues de ellos hay 360, y en el año hay 360 días. De ese modo el altar es un microcosmos que existe en un espacio y un tiempo místicos, por su naturaleza enteramente distintos del espacio y el tiempo profanos. Hablar de la construcción de un altar es, al mismo tiempo, hablar de una repetición de la creación del mundo [1929, pp. 9-11].

Con objeto de reproducir el cielo en su entorno terreno, los antiguos creían necesario conocer el camino de los trashumantes que poblaban la región celeste. Aunque inexacta según nuestras normas, la representación de la duración del año trópico en 360 días revela un intento de los seres humanos que nos precedieron por conocer anticipadamente el comportamiento de sus dioses. En nuestros modernos intentos cientí-

ficos por conocer el mundo natural, también buscamos una ventaja **predictiva** sobre la naturaleza, un grado de dominio sobre el entorno. Para esa **tarea** empleamos complejos instrumentos que agudizan nuestros sentidos y un sistema **lógico formal** definido de manera rigurosa, con la frecuente intención, dirían algunos, de **glorificar** a la naturaleza por la naturaleza misma. Pero, aunque más complejos, ¿están los procesos del pensamiento de los pueblos modernos tan alejados en su estructura básica de la forma de pensamiento de sus antepasados?

Teotihuacan y su influencia

Teotihuacan, la mayor y más famosa de todas las ciudades de la América antigua, es un majestuoso⁷ centro ritual localizado aproximadamente a 40 kilómetros al noreste de la moderna ciudad de México, cerca del entonces mucho más extenso Lago de Texcoco, en el Altiplano Central mexicano. Debe su crecimiento, si no es que su nacimiento, en el siglo I a.C., a la erupción del Xitle, un volcán situado en la orilla sudoriental del lago, que puede haber llevado a la población a lugares más seguros. Pero, independientemente de cómo estaba allí, su poderío duradero —la mística de Teotihuacan— radicaba en su religión.

Como Brasilia y Washington, D. C., Teotihuacan era una comunidad planificada, presentada deliberadamente como una especie de paraíso en la tierra, con una geografía sagrada. Según los aztecas que realizaban ceremonias en el sitio, éste era a la vez el lugar en que los seres surgieron por primera vez de la tierra en el principio de la creación y el hogar de una poderosa diosa que moraba en cuevas naturales: “¿Y de qué manera? ¿Cuándo? ¿En dónde se invocaba a los dioses? [...] era allí en Teotihuacan. Habían fundado su reino sobre el mundo. Ellos dieron el orden, el poder, la gloria, la fama” (Lehmann, 1949, pp. 100, 106).

En aras de reflejar ciertos aspectos de su mito de la creación, los constructores de Teotihuacan con frecuencia mejoraron la geografía local. Idearon un estricto plano reticular que se despliega a contrapelo del paisaje, construyeron (totalmente o en parte) una cueva bajo la pirámide del Sol y cuidadosamente situaron el plano urbano en relación con el Cerro Gordo, localizado al norte. Todas esas características fueron decisiones deliberadas que desempeñaron algún papel en la elección del lugar. La distintivamente original orientación axial de Teotihuacan reclama para el sitio “una nueva

⁷ Un centro ritual real se define como un lugar que depende en gran parte de la función ideológica para su existencia (véase Sanders y Webster, 1988). En su punto culminante, en 500 d.C., Teotihuacan, que albergaba a 200 000 personas y cubría 20 kilómetros cuadrados, era más grande que cualquier ciudad europea contemporánea (por ejemplo, Roma).

y probablemente privilegiada relación con los dioses" (Pasztory, 1997, p. 49), reflejo del plano cósmico sagrado que le fue dictado.

El plano en cuadrícula rectangular que predomina en la monumental Teotihuacan es a la vez grandioso y preciso (figuras 75 y 76). Aquí, la arquitectura muestra una armonía ordenada y una planeación precisa cuyas raíces seguramente están en el cosmos. La Pirámide del Sol (construida entre 150 a.C. y 150 d.C.) tiene, como las montañas circundantes, un volumen sobresaliente al que contrarresta la forma cuadrilátera y cóncava de la Ciudadela: los espacios positivos y negativos parecen equilibrarse entre sí. Una línea que corre desde la cima de la Pirámide del Sol paralelamente al principal eje norte-sur de Teotihuacan (llamado luego Calle de los Muertos por los aztecas) cruza el centro geométrico exacto de la Ciudadela. Los edificios menores alineados a lo largo de ese camino ceremonial se adaptan perfectamente a la estructura reticular. Rematando el extremo norte de ese eje está la Pirámide de la Luna que, de acuerdo con las excavaciones recientes, podría contarse entre los primeros de todos los edificios de Teotihuacan.⁸

Sin duda alguna, la cultura teotihuacana tuvo un interés permanente por el simbolismo cósmico. Es el probable lugar de origen del motivo de la estrella (Baird, 1989) representado en la cerámica y las pinturas murales (figura 77). Desde Teotihuacan, este símbolo, al que se ha asociado con el agua y la fertilidad, la guerra y el planeta Venus, se propagó a las tierras altas de Cacaxtla (Baird, 1989, pp. 112-114; Carlson, 1993b)⁹ y a la distante área maya (Baird, 1989, pp. 114-120). Hay elementos ligados a entierros de Uaxactún y Tikal cuya pista también se puede seguir hasta Teotihuacan (Schele y Freidel, 1990, pp. 159-164). Una enorme tumba excavada en el centro del Templo de Quetzalcóatl (en el lado noroccidental de la Ciudadela y fechado en 150-450 d.C.) reveló un patrón cuatridimensional de entierros consistentes en guerreros decapitados reunidos en grupos de 18, 20 y 26 ($= 2 \times 13$), todos ellos números de importancia calendárica. (Aún no queda claro si eran teotihuacanos leales sepultados aparte para cuidar la tumba de un gran dirigente o eran prisioneros de guerra.) Las serpientes emplumadas que adoman el Templo de Quetzalcóatl portan el tocado de Cipactli (lagarto), primer día en la cuenta mexica de 260 días y consecuentemente símbolo de su comienzo. Por tanto, se cree que el edificio estuvo dedicado al mito del

⁸ Sugiyama (comunicación personal, 1999) y sus colegas descubrieron una tumba que contenía restos de sacrificios humanos y ofrendas de cuchillos de obsidiana y, bajo la fachada sur de la Pirámide de la Luna, una plataforma que está desviada unos 3°-5° en sentido opuesto a las manecillas del reloj de la cuadrícula prevaleciente (es decir, que mira a 10°-12° O del S). Véase detalles en Aveni, Sugiyama, Murakami y Kabata (2001).

⁹ Carlson identifica tres tradiciones de culto estelar (Venus), la del área de la Costa del Golfo maya, la de los zapotecas y la de Teotihuacan y el Altiplano, en donde probablemente se originó el culto. Las marcas características de la tradición de ese culto son la conquista militar, la transformación simbólica de la sangre en agua y el sacrificio de los cautivos.

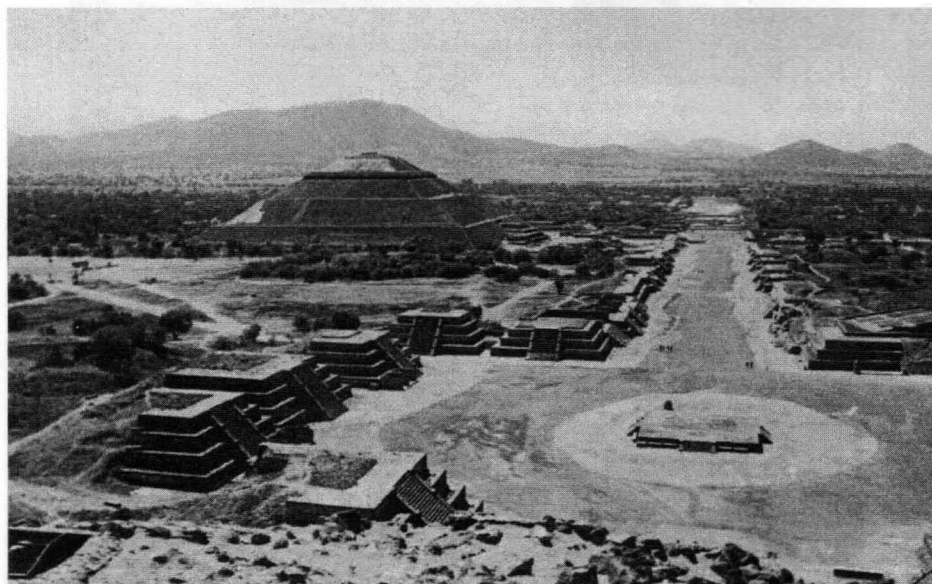


FIGURA 75. Teotihuacan, México, el mayor de todos los centros ceremoniales de Mesoamérica. Vista tomada desde la cima de la Pirámide de la Luna, hacia el sur. (© de la foto H. Hartung.)

origen del tiempo estructurado y la sucesión calendárica (López Austin, López Luján y Sugiyama, 1991; Sugiyama, 1993). Ahondando en el testimonio del orden y la precisión de la arquitectura de Teotihuacan, Sugiyama (1993), O'Brien y Christiansen (1986), y Drewitt (1987, pp. 392-393) han propuesto el uso de unidades de medida mesoamericanas básicas en su construcción. Se cree que en el trazo de la ciudad se emplearon múltiplos calendáricamente importantes de algunas de esas unidades (por ejemplo, 20, 260, 584).

El hecho de que la orientación de la ciudad parezca desafiar la topografía local ofrece a los investigadores una posible razón para mirar hacia las estrellas en busca de una explicación. Una vez ordenado, cada parte del entorno parece obligado a ajustarse al plano. Por ejemplo, el curso del río San Juan y sus afluentes fue desviado para adaptarse al plano. En el mapa de las ruinas de la figura 76 vemos que el río entra por el noreste, describe varios recodos angulados al ser canalizado para pasar por el centro y luego, al salir, sigue finalmente su curso natural hacia el suroeste (arriba a la izquierda). Por lo demás, el eje de la Calle de los Muertos se extendió como para bloquear la libre entrada a las principales rutas comerciales. Resulta difícil desprenderse de la idea

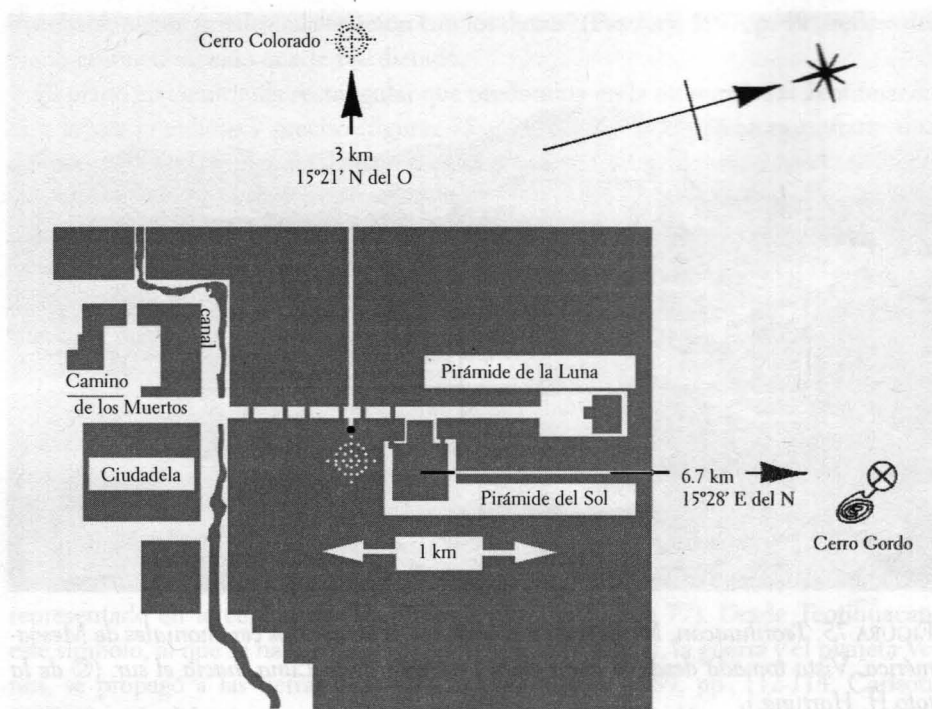
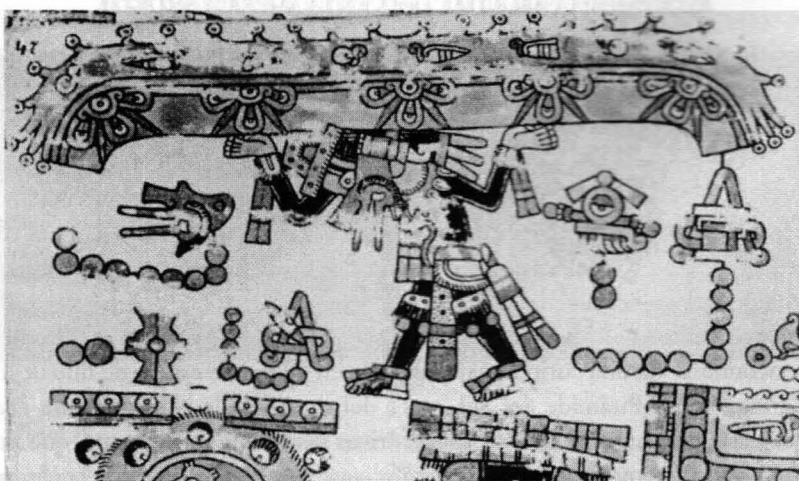


FIGURA 76. Plano de Teotihuacan que muestra las posiciones de sus principales estructuras y tres de los muchos petroglifos punteados de cruz. (Diagrama de P. Dunham.)

de que hubo un alto grado de planificación y que la singularmente sesgada disposición reticular responde a dictados irracionales absolutos (por ejemplo, religiosos).

La orientación reticular debe de haber sido sumamente importante porque los arquitectos de Teotihuacan se aferraron a ella con gran precisión, incluso en los barrios de las laderas situados en las inmediaciones del centro ceremonial. Si bien habría sido más simple y prudente apartarse del plano agregando edificios según lo dictara el entorno natural, los teotihuacanos escogieron, por el contrario, seguir el diseño preconcebido. A decir verdad, el aspecto general de la ciudad sugiere que sus diseñadores dejaron poco al azar.

Como han demostrado René Millon (1973) y sus colaboradores en el Proyecto del Plano de Teotihuacan, las calles de la antigua ciudad sagrada se alinean en dos direcciones, una orientación norte-sur $15^{\circ}28'$ al este del norte, que en el mapa de la figura 76 está ejemplificada por la Calle de los Muertos, y una orientación este-oeste $16^{\circ}30'$ al sur del este. En la figura 75, miramos hacia el sur a lo largo del eje norte-sur desde



a



b

FIGURA 77. Los símbolos de estrella y Venus que asocian la actividad bélica con el cosmos se pueden rastrear a) desde un códice tardío del Altiplano Central b) hasta Teotihuacan. (a, cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz; b, foto de John B. Carlson, cortesía de la revista *Archaeology*.)

lo alto de la Pirámide de la Luna, en el extremo norte de las ruinas. Los indicios arqueológicos sugieren que la desviación de 1° del ángulo recto perfecto entre una y otra orientación probablemente no sea accidental. Muchos complejos de edificios y conjuntos habitacionales de la ciudad siguen la primera orientación en tanto que otros obedecen a la segunda. ¿Se opusieron los arquitectos antiguos a la topografía local por razones astronómicas? Lo cierto es que, junto con las posiciones clave del Sol y las estrellas en el horizonte local, esos alineamientos convergen en un acervo de significado cosmológico y numerológico.

Una clave de los motivos que se hallan tras la orientación básica de Teotihuacan puede encontrarse en una curiosa marca trazada en el piso de estuco de uno de los edificios contiguos a la Pirámide del Sol, cerca del centro de la ciudad (figura 78a). La marca consiste de un par de anillos concéntricos centrados en una cruz, que pueden haber funcionado como marcas de topógrafo para los planificadores de la ciudad. De alrededor de un metro de diámetro y con hoyos espaciados algunos centímetros entre sí, el diseño aún puede ser apreciado por los visitantes, por hallarse al descubierto. Tres kilómetros al oeste, en la ladera del Cerro Colorado, trabajadores del Proyecto del Plano de Teotihuacan descubrieron otra marca del mismo tipo en una saliente rocosa (figura 78b). Visto desde la primera marca, el petroglifo saliente tiene una orientación de $15^\circ 21'$ al norte del oeste. De ese modo, una línea base que conecta las cruces de este a oeste se ubica a siete minutos de arco de un perfecto ángulo recto con la Calle de los Muertos. La figura 76 muestra esquemáticamente la curiosa posición relativa a ambas cruces. ¿Significa la colocación coincidente de los petroglifos punteados de cruz que los teotihuacanos emplearon la línea de base como parte de un gran esquema en el trazo de la Calle de los Muertos? Los arquitectos claramente tuvieron una visión del plano de la ciudad y del alto grado de ordenamiento que impondrían al paisaje mucho antes de las primeras fases de la construcción. Durante este proceso descubrieron la necesidad de trazar un ángulo recto sumamente exacto, que se desvía menos de 10 metros en una línea recta de tres kilómetros.

No faltan hipótesis para explicar la orientación de Teotihuacan en términos astronómicos. Luego preguntamos: ¿Coincide esta línea de base este-oeste con algún fenómeno astronómico significativo que ocurra en el horizonte local? Para poner a prueba esta hipótesis, debemos determinar, para la latitud, la época de construcción y las elevaciones en el horizonte de Teotihuacan, qué cuerpos astronómicos pueden haberse observado en una u otra dirección. De las pocas posibilidades que satisfacen las condiciones, la más factible parece ser la de las Pléyades.¹⁰ La figura 79 es una vista simula-

¹⁰ Valiéndose de una fecha de aproximadamente 150 d.C., el lector puede consultar el cuadro 9 para acercarse a ese resultado. Sirio, la estrella más brillante del firmamento, debe considerarse como segunda posibilidad. Salía a lo largo del eje oeste-este de la ciudad, pasaba por su orto heliaco (MFIRST) en el solsti-

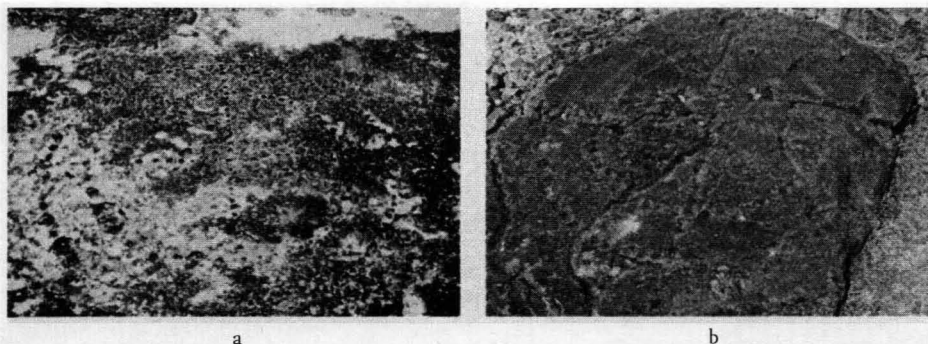


FIGURA 78. Petroglifos punteados de cruz hallados en Teotihuacan y otros sitios pueden haber simbolizado importantes números calendáricos y asimismo servido de dispositivos de orientación: a) marca adyacente al llamado Grupo Viking, próximo a la Pirámide del Sol de Teotihuacan; b) cruz en el Cerro Colorado, tres kilómetros al oeste de la marca a).

da (reconstruida con ayuda de un planetario) del horizonte occidental de Teotihuacan, visto desde el primer petroglifo. Una flecha señala la marca correspondiente en el Cerro Colorado. Las estrellas aparecen en sus posiciones exactas respecto al horizonte hacia 150 d.C., cuando creemos que fue concebido el gran proyecto del centro ceremonial. Las Pléyades son el grupo conspicuo situado arriba de la flecha, y se ponen a 1° de la línea trazada entre ambas cruces.¹¹ Además de corresponder cercanamente al alineamiento, este grupo de estrellas funcionaba de la manera más extraordinaria en Teotihuacan, en la época en que se construyó la ciudad. Las Pléyades pasaban por su orto heliaco el mismo día del primero de los dos pasos anuales del Sol por el cenit, que era un día de gran importancia en la demarcación de las estaciones. Los lectores que deseen hacer un cálculo aproximado de verificación deben consultar los cuadros 3, 10 y 11. La fecha aproximada es el 18 de mayo. De ese modo, la aparición de las Pléyades puede haber servido para anunciar la llegada de este importante día, cuando el Sol del mediodía no proyecta sombra alguna. Más aún, el propio grupo de estrellas pasaba también cerca del cenit de Teotihuacan. Allí estaba un dispositivo ideal para medir el tiempo mediante el Sol y las estrellas, incorporado al propio mecanismo de relojería urbano.

cio de verano y su último orto visible tras la puesta del Sol (ELAST) ocurría poco antes del solsticio de invierno (véase cuadro 10). Ambas posibilidades fueron sugeridas en 1967 por el arqueólogo James Dow.

¹¹ La variable más incierta en el cálculo es la precesión de los equinoccios (capítulo III, apéndice B). La fecha del establecimiento de la cuadrícula de Teotihuacan no se puede dar con una exactitud de menos de unos siglos de margen, tiempo durante el cual las Pléyades (de precesión relativamente rápida) habían cambiado de declinación alrededor de 1° .

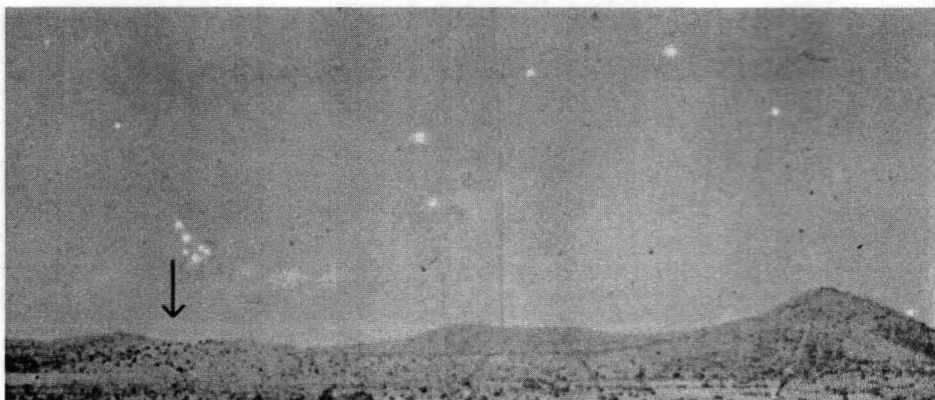


FIGURA 79. Vista del horizonte occidental de Teotihuacan desde la cruz punteada próxima al Grupo Viking.

El Sol se pone a lo largo de ese mismo alineamiento el 29 de abril y el 12 de agosto, lo cual ofrece una segunda hipótesis astronómica para explicar la orientación (Aveni, 2000b, p. 254). Esas fechas son significativas porque están separadas por un periodo de 260 días, intervalo durante el cual el Sol pasa al sur del alineamiento; en los 105 días restantes, el astro pasa al norte. Es más, el eje este-oeste de la ciudad también marca ocasos 40 días¹² después del equinoccio de primavera y 20 días antes del paso por el cenit (los intervalos se invierten cuando el Sol vuelve al sur). De las diversas hipótesis que tratan del problema de la orientación en Teotihuacan (resumidas y evaluadas en fechas muy recientes en Millon, 1992, pp. 383-388), ésta es la menos discutida, pero cobra sentido si hemos de considerar a Teotihuacan como el lugar en que empezó el tiempo (Millon, p. 383). Un apreciable cuerpo bibliográfico explora la idea de que en la astronomía de observación del horizonte de toda Mesoamérica se computaron periodos solares de 20 días (véase, por ejemplo, Tichy, 1976, y Aveni, Calnek y Hartung, 1988).

El arqueólogo Ivan Sprajc (2000b) sostiene que, en el horizonte oriental, un pico prominente también marca la orientación de Teotihuacan. Sprajc prolonga el alineamiento hacia el oeste para llegar a las puestas de Sol del 11 de febrero y el 29 de octubre (espaciadas también a 260 días). Más aún, el arqueólogo propone que la propia ubicación de la Pirámide del Sol fue determinada a manera de que las observaciones

¹² La Farge y Byers (1931, p. 58) nos dicen que entre los mayas jacaltecos la única subdivisión del año que se reconoce es la de 40 días (dos uinales). A la recurrencia de un portador del año con coeficiente uno superior se le denomina "un pie del año", que se produce al cabo de 40 días porque la secuencia de uinales es 13, 7, 1, 8, 2, ... Thompson (1950, p. 248) escribe que éstos son los "pasos del año". Se trata de una fórmula de cómputo vinculada a la medición del mundo espacial en pies.

del ocaso hechas desde su cima marcaran las salidas del astro los días de la cuarta parte del año.

El arqueólogo David Drucker (1979), del Proyecto del Plano de Teotihuacan, también cree que las características topográficas locales a lo largo del horizonte de Teotihuacan pueden haber sido un factor determinante en la orientación de la ciudad y que el ciclo ritual de 260 días también intervino por la vía de una orientación solar. A más de mil kilómetros al sureste de Teotihuacan está la ciudad maya de Copán, en la región en que algunos investigadores (por ejemplo, Malmström, 1997, 1978) argumentan que tuvo origen el calendario de 260 días. De nuestra exposición del capítulo IV sobre las posibilidades tocantes al origen del ciclo de 260 días se recordará que, en Copán, el Sol pasaba por el cenit el 30 de abril y 105 días después, el 13 de agosto. Los 260 días restantes del año trópico los pasaba en la parte sur del cielo. Para los habitantes de Copán, la división del año en dos partes desiguales puede haber tenido una función sumamente práctica, toda vez que el periodo de 105 días constituía una temporada de siembras cuyo principio podía determinar fácilmente cualquier observador. Drucker plantea la hipótesis de que los teotihuacanos adoptaron el calendario maya y lo incorporaron al diseño de su ciudad. Pero las fechas en que el Sol pasa por el cenit en Teotihuacan son el 18 de mayo y el 24 de julio, con un intervalo de sólo 67 días, demasiado breve para una temporada de siembras. De ese modo, para realizar su hazaña, situaron las estructuras principales de la ciudad de tal suerte que las posiciones del ocaso, en las dos fechas del cenit en Copán, coincidieran con marcas naturales sobresalientes observadas desde los edificios a lo largo de su horizonte local. Tras erigir los monumentos, fue preciso hacer correcciones en distintas partes de la ciudad, pues la vista del horizonte desde lo alto de las pirámides parecería ligeramente distinta de la que tenía un observador situado a ras del suelo. Los agrupamientos de orientación ligeramente distinta de la que actualmente medimos en Teotihuacan fueron resultado de la ejecución de esas correcciones. Así los sacerdotes de la Pirámide del Sol podrían seguir las importantes divisiones del ciclo de 260 días aunque se hallaran lejos del lugar de origen de su calendario sagrado.

Gran parte de los argumentos de Drucker y Sprajc derivan de su habilidad para reconocer marcas muy notables a lo largo del horizonte. Desde su perspectiva, Drucker asume además la tarea de establecer contactos mayas en el valle de Teotihuacan en fechas muy remotas. Si bien el Sol se pone tras una silla (la pequeña depresión visible a la derecha de las Pléyades en la figura 79) formada por dos colinas del horizonte cuando el Sol pasa en Copán por el cenit, y aunque salga sobre el cerro del este en las fechas que da Sprajc, en el paisaje hay muchas elevaciones y depresiones conspicuas y las que estos investigadores citan pueden no destacarse en modo alguno. El papel de la montaña de Sprajc situada al este se puede considerar subjetivo, pero la referencia

al calendario de 260 días por la vía de los alineamientos de edificios posee en sí cierta solidez.¹³

Entre los factores no astronómicos que tal vez hayan contribuido a la situación y la orientación de los edificios de Teotihuacan debemos incluir la sugerencia de Doris Heyden (1975) del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México. Heyden cree que el sitio de construcción de la Pirámide del Sol, principal edificio de la ciudad, fue determinado por la posición de una cueva de cámaras múltiples descubierta recientemente debajo de ella. El centro de la pirámide está situado aproximadamente sobre el centro de la cueva y una línea que vaya de allí a la boca de ésta coincidirá cercanamente con el eje este-oeste de la pirámide. Muchas referencias históricas aztecas aluden a diversas deidades de las cavernas y a antepasados surgidos precisamente de esa cámara. Puesto que la cueva se consideraba como el lugar *donde* empezó el tiempo, *cuándo* empezó bien puede haberse conmemorado mediante una línea de visión tendida desde su boca en las entrañas de la pirámide hasta el horizonte occidental. ¡Qué gráfica materialización del “nacimiento del cosmos en Teotihuacan, principio de la época actual! (Millon, 1992, p. 35). Sin embargo, excavaciones recientes han establecido que la cueva puede ser total o parcialmente artificial (véase Manzanilla, 2000). Si bien este hallazgo no excluye la importancia de la pirámide en el plano de la orientación, sí reduce la posibilidad de que el sitio de la estructura haya sido el principio rector absoluto del esquema.

Como señala Heyden, ni siquiera al considerar otras hipótesis factibles podemos pasar por alto las posibilidades astronómicas. La investigadora sugiere que la caverna puede tener un significado simbólico vinculado a la astronomía; por ejemplo, escribiendo acerca de la gruta de Teotihuacan, un historiador del siglo xvi dice que “otro [dios] entró en una cueva y salió de ella como la Luna” (1975, p. 142).

Tras los pasos de los estudiosos que lo precedieron, otro investigador, Stephen Tobriner (1972), ha propuesto que la traza de la ciudad fue determinada por Cerro Gordo, principal abastecedor de agua de Teotihuacan. Como ese cerro era tan importante

¹³ También puede haber figurado en el plano una tercera marca petroglífica situada en los alrededores de la ciudad. El dibujo petroglífico de cruz (figura 126c) se localiza alrededor de siete kilómetros al norte de la Pirámide del Sol, cerca de la cima de Cerro Gordo, la elevación más prominente en el paisaje de Teotihuacan. Esta cruz es una incisión lineal (sobre una matriz punteada) en una saliente rocosa; junto al dibujo hay otra figura grabada que semeja una serpiente. La cruz de Cerro Gordo se puede ver directamente desde la cruz cercana a la Pirámide del Sol. Una medición entre ambas parece profundizar el misterio. La línea entre una y otra apunta a 17° al este del norte astronómico o es casi exactamente perpendicular a la principal calle *este-oeste*. Recuérdese que el eje este-oeste de Teotihuacan *no* es perpendicular al eje norte-sur. Dubhe, la más brillante de las estrellas indicadoras de la Osa, pudo haber servido de referencia estelar para esa dirección; esa insólita geometría se presenta en la figura 76. Por otra parte, si el centro de la Pirámide del Sol se usaba como punto de observación, la orientación resulta ser 15°54' o exactamente 50 metros fuera de línea respecto al eje de la Calle de los Muertos y la orientación de la propia Pirámide del Sol.

para los habitantes de la región, simplemente orientaron hacia el su calle principal. (La Calle de los Muertos en realidad apunta a 2° al oeste de su cima.) Desde que se propuso la teoría de Tobriner, varios investigadores (Broda, 1993; Sprajc, 2000a, b; b s.f.) han señalado la tendencia de diversos templos y ejes reticulares a alinearse con picos prominentes, particularmente con los del horizonte septentrional (Aveni, 1989c).¹⁴ Esto último pudiera ser una manifestación arquitectónica del simbolismo de “norte = arriba”, expuesto previamente en el capítulo III.

La figura 75 revela una relación topográfica igualmente sutil entre Teotihuacan y su entorno, relación observada con frecuencia por los visitantes de esa antigua ciudad. Vista desde la Pirámide de la Luna, en el extremo norte de la ciudad, la silueta de la Pirámide del Sol se recorta contra el trasfondo lejano del Cerro Patlachique, con la fachada escalonada de la pirámide imitando elevaciones del entorno natural. Lo mismo es válido en dirección opuesta, en donde la Pirámide de la Luna hace eco a Cerro Gordo, situado en el trasfondo. Las pirámides parecen haberse creado a imagen de las montañas que rodean el valle de Teotihuacan.

Nuestro estudio de las numerosas hipótesis concebidas para explicar las orientaciones de los edificios de Teotihuacan hace evidente que muchos factores, algunos de naturaleza práctica, específica y deliberada, otros puramente eclécticos, pueden haber contribuido al plano general de la ciudad. Elementos científicos, religiosos y mágicos de la cultura teotihuacana influyeron sin excepción en el gran proyecto. Todos se fundieron de una manera que nos es difícil penetrar. Nuestra manera reductiva de pensar es propensa a buscar una sola respuesta. Por consiguiente, disociamos los propios elementos culturales que el plano de la ciudad pudo integrar.

Sólo nos es posible imaginar el formidable problema a que se enfrentaron los arquitectos encargados de la tarea de trazar su ciudad sagrada en armonía con el paisaje tanto terrestre como celestial. La *cosmovisión* que prepara en Teotihuacan las disposiciones urbanas del cielo, la tierra, las montañas, la cueva y el tiempo formaba el esqueleto de un canon sagrado que resonaría en toda Mesoamérica durante muchas generaciones por venir.

Además de los dos dibujos punteados teotihuacanos de los que ya hemos hablado, muchos otros (descubiertos allí en los años 1980 y 1990) son del tipo cruciforme.¹⁵ Al

¹⁴ También en la cultura pueblo, el norte es el reino de la creación, el lugar en donde nuestros antepasados surgen de la Tierra. El Gran Camino del Norte corre 50 kilómetros en línea recta desde el Cañón de Chaco, Nuevo México, para terminar abruptamente en un cañón. Entre otros sitios mesoamericanos que ostentan un pico prominente están Tenochtitlan, Tenayuca y Copán.

¹⁵ En el capítulo II ya hemos encontrado el simbolismo de la cruz en un contexto astronómico en forma de las varas cruzadas. En la época en que se escribían estas líneas el número de cruces punteadas de los alrededores de Teotihuacan había aumentado a 16; entre ellas, una marca localizada a 1/2° del verdadero oeste de la Pirámide del Sol, que puede haber servido de señalamiento del Sol en el equinoccio, y una cruz picada en el Cerro Teponaxtle, localizada cerca del sur astronómico respecto a la Pirámide del Sol. En cada caso, tam-

parecer, el uso de esas marcas en cruz se difundió a los confines más remotos de la influencia de Teotihuacan. Hasta la fecha, se han puesto en el mapa, medido y fotografiado más de 100 ejemplos grabados en salientes rocosas y en los pisos de edificaciones de toda Mesoamérica (la mayor parte de ellos en Teotihuacan) (véase en las figuras 78 y 126 una muestra de fotografías y diagramas obtenidos por calca). Si bien se puede pensar que el solo número de marcas de ese tipo debilita la hipótesis de que funcionaban como parte de un esquema de alineamientos, desde el punto de vista calendárico siguen siendo muy importantes. Se remite a los lectores interesados en los petroglifos de cruz punteados al apéndice A de este capítulo. Allí se prosigue el análisis de su posible papel en los estudios de la orientación.

La argumentación más sólida en que se sustenta la hipótesis de que las cruces punteadas sirvieron de marcas de orientación astronómicas deriva de un par de ellas casi idénticas a los arquetipos de Teotihuacan. Estos ejemplos fueron descubiertos en 1975 por el arqueólogo J. Charles Kelley en Alta Vista (Chalchihuites), sitio arqueológico con fuerte influencia teotihuacana del estado de Zacatecas, en la frontera norte de México. Los estudios de la cerámica de Chalchihuites hechos por Kelley (1976) ya habían señalado una profunda preocupación por la idea de dividir al mundo en cuartos, asignando dioses a cada cuadrante, a menudo acompañados de representaciones de estrellas. En Alta Vista, Kelley también ha excavado un templo cuyas esquinas apuntan hacia los cuatro puntos cardinales.

El par de cruces punteadas que Kelley considera puntos de referencia fueron encontradas en el cerro El Chapín, una elevada meseta situada unos kilómetros al sur del sitio arqueológico. Las marcas se hallan aproximadamente a 10 kilómetros del actual Trópico de Cáncer ($23^{\circ}27'$ latitud norte), en donde el Sol pasa por el cenit sólo el día del solsticio de verano.¹⁶ Los ejes de los petroglifos apuntan en esa dirección general.

bien marcan el alineamiento señales auxiliares en las colinas que tapan la visibilidad desde la pirámide. Ahora hay razón para creer que los arquitectos de Teotihuacan trazaron una serie de ejes tanto hacia los "puntos cardinales astronómicos" como hacia los "puntos cardinales de Teotihuacan". Sin embargo, todavía no entendemos el porqué de ese dualismo, si es que en realidad existe. Finalmente, se encontró que los ejes de tres petroglifos punteados descubiertos en el Cerro Chiconautla, situado a 10 kilómetros al suroeste de la Pirámide del Sol, señalaban en dirección de ésta y al mismo tiempo a 3° del punto en que el Sol sale en el solsticio de verano. Véase una actualización de las referencias y una bibliografía en Aveni, 1989b (pp. S73-81). Por lo demás, el sitio arqueológico vecino de Xihuingo posee más de 40 ejemplos del dibujo (Wallrath y Rangel, 1991; Aveni, 1989b).

¹⁶ Desde el punto de vista de la astronomía a simple vista no debe sorprendernos encontrar un error de 10 a 20 kilómetros en la determinación del punto más septentrional en que el Sol puede alcanzar el cenit. Dos kilómetros en la superficie terrestre equivalen a un minuto de arco ($1/30$ del diámetro angular del Sol). Más aún, como el Sol es un objeto extendido, no proyectará una sombra fuerte. Finalmente, aunque para resolver el problema se emplee alguna técnica de proyección de sombra o una visión directa de la imagen solar a través de un tubo, se necesitaría determinar la verticalidad de manera muy precisa para encontrar el punto exacto. Cuando don Juan Pío Pérez nos dijo que sus antepasados "no erraron más que por 48 horas de anticipación" (véase exposición en el capítulo II) al determinar la fecha del paso por el cenit, sugirió indirectamente que no habría sido descabellado un error de 30 minutos de arco.

En virtud de la fuerte influencia teotihuacana en la arquitectura de Alta Vista (las pruebas de carbono radiactivo de Kelley fechan tres invasiones de Teotihuacan en esa área entre 450 y 850 d.C., la última de las cuales es asociada a una gran conflagración) y del notable parecido de los dibujos circulares de cruz del cerro El Chapín y de Teotihuacan, Kelley propuso una fascinante hipótesis para explicar cómo emigró el dibujo de la cruz cientos de kilómetros al norte.

Kelley sugiere que los astrónomos de Teotihuacan estaban en busca del lugar “en que el Sol dio vuelta” (como dirían los indios pueblos). Localizaron el área aproximada y luego observaron la posición de Alta Vista desde el cerro El Chapín, situándola de tal modo que el calendario de la montaña permitiera la fácil determinación del solsticio de verano, a fin de que les sirviera para comprobar la posición del Trópico. Entonces dispusieron la unidad arquitectónica inicial (incorporando en su arquitectura características calendáricas mágicas), orientada con sus esquinas hacia los puntos cardinales, como templo dedicado al dios Tezcatlipoca, señor de las cuatro direcciones y del cielo nocturno. Es notable que edificios posteriores de Alta Vista (después de 300-400 d.C.) cambiaran a una nueva orientación.

Pero el arreglo es todavía más complejo. Kelley advirtió hace poco que un observador apostado en el Templo del Sol de Alta Vista vería salir el astro en los equinoccios mirando en una correcta dirección hacia el oriente. El acaecimiento tiene lugar sobre el Picacho Montoso, marca natural más prominente en el horizonte y cumbre que domina directamente un vasto yacimiento de turquesa. ¿Significa esto que la ubicación del Templo del Sol se determinó deliberadamente a modo de que se pudiera registrar de manera permanente la salida del Sol equinoccial en el paisaje? Cambiando de posición siete kilómetros al sur, Kelley presencié una salida del Sol sobre el mismo pico precisamente en el solsticio de junio. En el caso que nos ocupa, el círculo punteado parece haber servido de puesto de observación solar. Es posible que al norte de las ruinas de Alta Vista se haya puesto un círculo parecido para señalar la salida del Sol en el solsticio de invierno. Su situación se ha determinado y documentado fotográficamente en la figura 80. Entre los arqueoastrónomos existe la creencia de que este puesto de avanzada de la civilización teotihuacana todavía no revela sus secretos astronómicos. Tanto en Teotihuacan como en Alta Vista encontramos una relación funcional entre un alineamiento astronómico, la orientación y un símbolo cruciforme punteado (véanse detalles en Aveni, Hartung y Kelley, 1982).

La desviación del verdadero norte en el sentido de las manecillas del reloj (hacia el este) que muestra el plano axial de Teotihuacan parece estar compartida por sitios de toda Mesoamérica. La gráfica polar que aparece en la figura 81a explica cómo se distribuyen alrededor de los puntos cardinales los principales ejes claramente definidos de 60 centros ceremoniales. Más del 90% de los sitios exhiben la desviación este del

norte y alrededor del 20% se sitúan a unos cuantos grados de la orientación de Teotihuacan ($15\frac{1}{2}^{\circ}$). Las orientaciones de los edificios principales de cada sitio se determinaron respecto a un punto de referencia astronómica, habitualmente el Sol, luego de lo cual se promediaron los resultados. Nótese la pronunciada tendencia hacia el este del norte; ninguna explicación astronómica única puede dar cuenta de la amplitud de direcciones desplegada en este diagrama.

En algunos sitios tal vez haya habido un esfuerzo consciente por conservar un alineamiento particular pese a la intervención del terreno. De ello son buen ejemplo dos templos de Calixtlahuaca, en las tierras altas de Toluca, al oeste de la moderna ciudad de México. Los templos se alinean en la misma dirección, aun cuando estén a una distancia de 100 metros uno del otro y a distintas elevaciones (los ejes están dirigidos a $1^{\circ}50'$ y $1^{\circ}12'$ al sur del este; con ajustes por la elevación del horizonte, el Sol saldría a lo largo de los ejes de estos edificios en los equinoccios). En otros sitios se desplegó un esfuerzo consciente por distinguir entre diferentes clases de orientaciones. Por ejemplo, en Xochicalco, todos los edificios de la explanada inferior se orientan $\frac{1}{2}^{\circ}$ al este del norte real; pero el Templo de las Serpientes Emplumadas, erigido sobre una plataforma más elevada y artificial, se desvía 17° al este del norte, lo que posiblemente refleje la costumbre teotihuacana. La fecha de fundación de este templo se ubica cerca de la caída de Teotihuacan y los arqueólogos han encontrado sólidas pruebas de su influencia en ese periodo. La decoración en relieve con anexos astronómicos que hay en el templo aumenta su diferencia respecto a las estructuras circundantes. En ella se ven serpientes que devoran el disco solar, en obvia alusión a los eclipses. En el friso también hay representaciones jeroglíficas de la atadura de los años. Una escultura muestra un par de fechas adyacentes unidas por una cuerda. Resulta interesante que el 22 de agosto de 621 y el 14 de agosto de 630 hayan ocurrido frente al templo eclipses solares visibles sobre el horizonte local. El intervalo que separa a los eclipses, 3 278 días, es el mismo que el intervalo acumulativo que precede el tercer dibujo de la tabla de eclipses del *Códice de Dresde* (véase p. 289) (Farhi y Aveni, 1997).

Podemos enfocar el problema de la orientación estadísticamente remitiéndonos a la figura 81b, que muestra la aparición de un grupo de ciudades del Altiplano Central mexicano cuyos ejes principales se orientan entre 15° y 20° al este del norte. En lo sucesivo nos referiremos a ese grupo como a "la familia de orientaciones a los 17° ". Originaria del centro de México, esa familia incluye, fuera de Teotihuacan, la pirámide de Tenayuca a 30 kilómetros al suroeste y la Casa del Tepozteco de Tepoztlán, 100 kilómetros al sur, ambas edificadas inmediatamente antes de la Conquista, además de Tula, la capital tolteca, 70 kilómetros al noroeste.

Construidos mucho después de Teotihuacan, esos sitios del Altiplano Central pueden haber copiado su orientación. En virtud de la precesión de los equinoccios (capí-

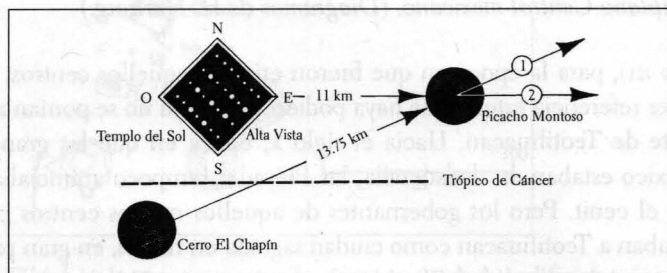


a

b



c



d

FIGURA 80. a) La salida del Sol en el equinoccio vista sobre Picacho Montoso desde las ruinas de Alta Vista, en el noroeste de México; b) el Sol en el solsticio de verano sale sobre el mismo pico prominente cuando se observa desde los petroglifos del cerro El Chapín, siete kilómetros al sur de Alta Vista (cortesía de J. C. Kelley); c) la misma escena de b) desde El Chapín, tomada la mañana del 21 de junio de 1979, que muestra el pico iluminado por el sol nascente; d) diagrama esquemático de Alta Vista y sus alrededores, mostrando el doble alineamiento solar único 1) desde las cruces picadas hasta la salida del Sol en el solsticio de verano y 2) desde la Sala de las Columnas (Templo del Sol) hasta la salida del Sol en el equinoccio (diagrama de P. Dunham). Puede ser significativo que estos astrónomos hicieran sus observaciones solares en el Trópico de Cáncer.

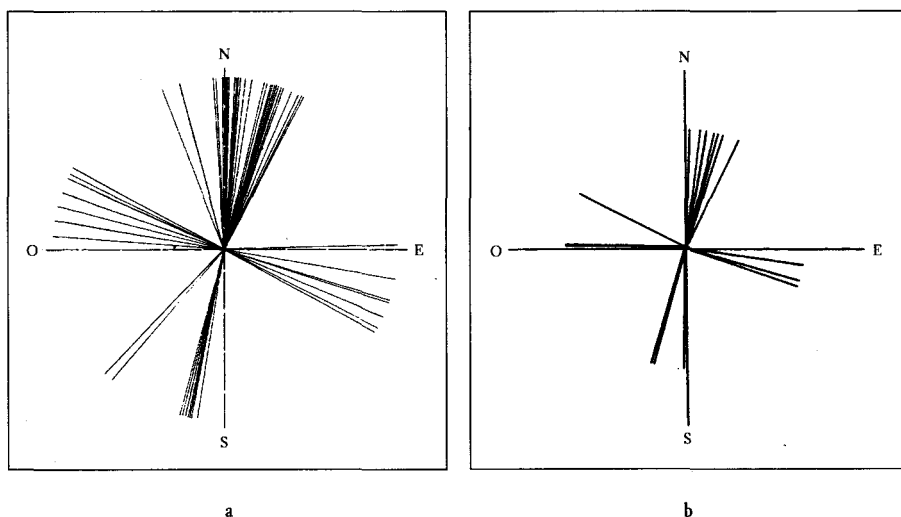


FIGURA 81. Diagramas polares que muestran las orientaciones de los principales ejes de centros ceremoniales: a) todos los sitios examinados en Mesoamérica; b) sólo sitios del Altiplano Central mexicano. (Diagramas de H. Hartung.)

tulo III), para la época en que fueron erigidos aquellos centros, las Pléyades (o cualquier referencia estelar que haya podido usarse) ya no se ponían a lo largo del eje este-oeste de Teotihuacan. Hacia el siglo X, época en que las grandes civilizaciones de México estaban en decadencia, las Pléyades tampoco anunciaban ya el paso del Sol por el cenit. Pero los gobernantes de aquellos nuevos centros probablemente consideraban a Teotihuacan como ciudad sagrada en ruinas, en gran parte como la consideramos en la actualidad. También los aztecas veían Teotihuacan como ciudad sagrada, como lo sustenta una gran cantidad de testimonios. A modo de reverencia al pasado, los nuevos reyes planearon sus centros de adoración con los mismos ejes direccionales. El antiguo alineamiento puede haberse transferido astronómicamente observando alguna estrella sustituta que remplazaba a las Pléyades. De ese modo, podemos considerar los ejes de Tula y los demás miembros de la familia de los 17° como imitaciones no funcionales que continuaron la tradición establecida por los arquitectos y los astrónomos teotihuacanos¹⁷ (véanse figuras 82 y 83). Es posible que hacia la Época Posclásica de la civilización se hubiera perdido totalmente el propósito original de la orientación.

¹⁷ Vale la pena señalar que la planta de la ciudad de Tula, Hidalgo, en el centro de México, es extraordinariamente similar a partes del plano de Chichén Itzá, que se localiza 1 500 kilómetros al oriente por vía terrestre y queda aproximadamente a la misma latitud. Las enormes figuras de Atlantes del Templo B de Tula

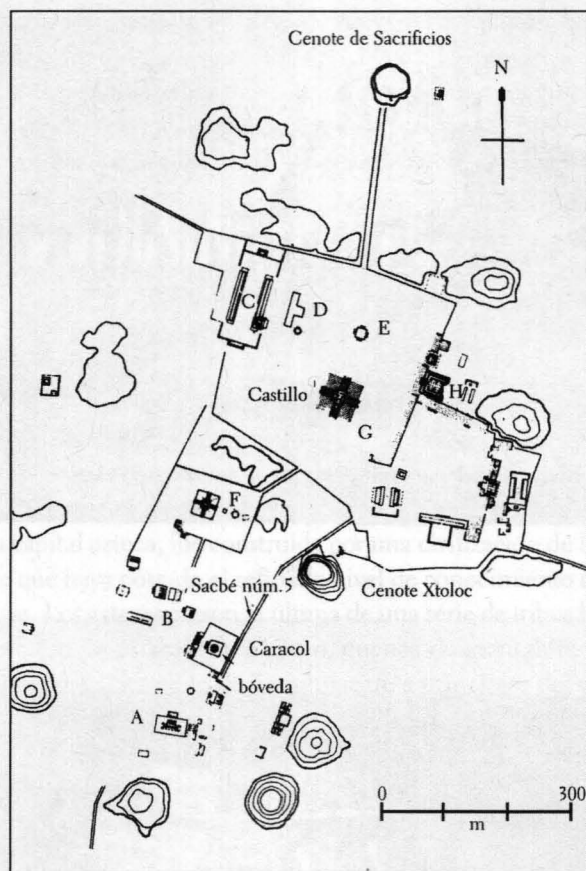
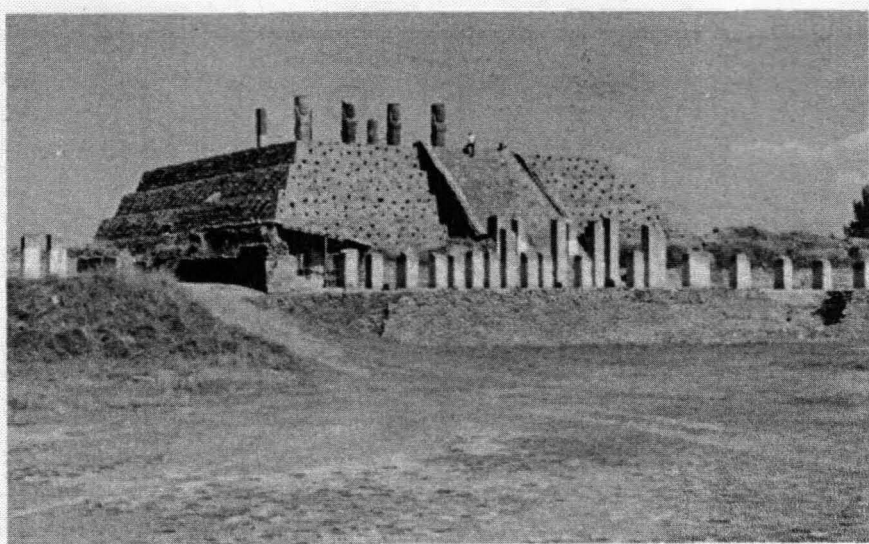


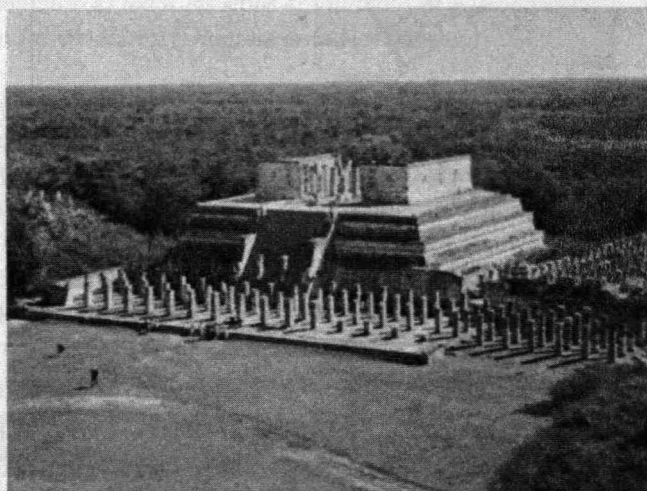
FIGURA 82. Plano de Chichén Itzá que muestra la orientación de los edificios principales. (Diagrama de H. Hartung.)

El concepto de iniciación con un cambio consecuente de función tiene algunos precedentes. En 1974, el geógrafo Franz Tichy publicó los resultados de un estudio aéreo del Altiplano Central mexicano, en la región de Puebla y Tlaxcala. Este investi-

tienen sus equivalentes en miniatura en el Templo de los Guerreros de Chichén Itzá (figura 83). Ambos edificios tienen una semejanza más entre sí: cada cual se yergue ante numerosas columnas gigantes y está decorado con Serpientes Emplumadas que representan la imagen del dios Quetzalcóatl (Kukulkán). Los dos principales juegos de pelota de ambos sitios no sólo están dispuestos de manera similar sino que también exhiben casi la misma orientación. Finalmente, tanto el Castillo de Chichén Itzá como la plataforma de Venus de Tula tienen sus equivalentes. Una diferencia importante: en Chichén Itzá, el eje principal se alinea de norte a sur, en tanto que el de Tula lo hace en dirección este-oeste.



a



b

FIGURA 83. Edificios similares de diseño tolteca que muestran la misma orientación pese a encontrarse a 1 500 kilómetros uno del otro; a) Templo B, Tula; b) Templo de los Guerreros, Chichén Itzá.

gador encontró que los campos, las aldeas y las ciudades **posteriores a la Conquista** generalmente estaban alineados en aquella área hacia el **este del norte**. En sus datos son evidentes tres distintas familias de orientaciones axiales: **los grupos** cercanos a los 7°, 17° y 26° al este del norte. La existencia de **construcciones precolombinas** orientadas de manera similar en la altiplanicie mexicana llevó a Tichy a postular que las estructuras posteriores conservan direcciones que ya **eran importantes** en la antigüedad. Alfred Siemens (1979) ha encontrado el patrón de los 17° en los campos elevados de las tierras bajas tropicales, de Veracruz a Belice. Así, los estudios de alineamientos pueden servir como indicio de rasgos culturales persistentes.

ORDEN CÓSMICO EN LA CAPITAL AZTECA

Uno de los ejemplos más convincentes de una planta urbana orientada astronómicamente (también al este del norte) surge tardíamente en la historia de Mesoamérica. Tenochtitlan, la capital azteca, fue construida por una civilización de la que difícilmente puede decirse que haya poseído el refinado nivel de conocimiento astronómico concedido a los mayas. Los aztecas fueron la última de una serie de tribus bárbaras llamadas mexicas que entraron en el Valle de México, cuenca de gran altitud localizada alrededor de 50 kilómetros al suroeste de Teotihuacan, a principios del siglo xiv. Teniendo como centro su isla del Lago de Texcoco, establecieron un imperio que dominó el Altiplano y la costa del Pacífico hasta la conquista española de 1519, ocho siglos completos después de la caída de Teotihuacan. Pero, como sabemos por los cronistas, los aztecas atribuían tanto su origen como su poderío y su fuerza a los dioses que crearon sus antepasados en las grandes pirámides.

Generalmente imaginamos a los aztecas como un pueblo preocupado por la guerra y obsesionado por el sacrificio humano que, por consiguiente, poco interés podía tener en el firmamento. Pero su capital posee para nosotros un enorme interés dado que en las primeras referencias bibliográficas posteriores a la Conquista hay testimonios específicos que aluden a un motivo astronómico subyacente a la orientación de su edificación más importante, el Templo Mayor (figura 84a). Escribiendo poco después de la Conquista, el sacerdote español Toribio de Motolinía dice que la fiesta con que se celebraba el mes azteca de Tlacaxipeualiztli “caía estando el Sol en medio del [Templo de] *Uchilobos* [Huitzilopochtli], que era [en el] equinoccio, y porque estaba un poco tuer-to lo quería derrocar *Mutizuma* [Moctezuma] y enderezallo” (véase en Aveni, Calnek y Hartung, 1988, una exposición completa sobre el significado de este interesante pasaje). Evidentemente, el sacerdote y los adoradores se ponían de cara al este para observar la salida del Sol por la abertura que dejaban los adoratorios gemelos en lo alto de la

gran pirámide. El arqueólogo aficionado inglés Alfred P. Maudslay (1913) halló bases para esta interpretación en un mapa de 1524 de la capital azteca, atribuido a Cortés, donde se muestra un rostro que representa al Sol flanqueado por los dos templos en lo alto del Templo Mayor (figura 84b).

Por las observaciones de Motolinía sobre el equinoccio sería de esperar que las mediciones modernas de los vestigios de esta estructura encontraran que el eje del Templo Mayor se alineaba exactamente de este a oeste, por lo que registraba la salida del Sol el 20 de marzo y el 22 de septiembre. En cambio, nuestras mediciones demuestran que las seis fachadas de la estructura excavadas se dirigen aproximadamente 7° al sur del este. Pero en este caso el aparente conflicto entre los testimonios histórico y arqueológico se ha resuelto mediante una cuidadosa consideración de cómo se hacía en realidad la decisiva observación del equinoccio.

La amplia plaza que se abría frente a los templos gemelos de lo alto de la plataforma del Templo Mayor habría sido un excelente puesto de observación para presenciar el principal hecho que habitualmente ocurría allí. Arriba, en el terraplén superior, tendida de espaldas sobre una piedra esculpida y sujeta por cuatro asistentes, se podía ver a la víctima que aguardaba su sacrificio al dios Sol de los aztecas. Éste tenía lugar cuando el supremo sacerdote hundía el cuchillo de pedernal en el pecho de la víctima y le arrancaba el corazón latiente para ofrecerlo al Sol y asegurar así la continuación del desplazamiento de la deidad solar en su trayecto.

Un observador situado en el eje del Templo Mayor al nivel del suelo podía mirar por encima de la plataforma, entre los templos gemelos, para ver al Sol salir precisamente entre los oratorios el día del equinoccio, momento en que empezaba el sacrificio. La desviación de 7° al sur del este habría sido necesaria porque el Sol tenía que desplazarse hacia el sureste siguiendo una trayectoria inclinada a una altitud de aproximadamente 20° sobre el horizonte astronómico, antes de que realmente pudiera verse por la apertura el día del equinoccio (la figura 84c ilustra esta curiosa geometría).

En el caso del Templo Mayor, la solidez de las pruebas históricas y arqueológicas depende de la certeza de los cálculos de su altura. Con base en los informes posteriores a la Conquista sobre las *dimensiones* del templo (incluso el de Motolinía), el arquitecto Ignacio Marquina (1960) ha considerado que la altura de la plataforma sobre la cual se levantaban los oratorios era aproximadamente de 42 metros sobre el nivel del suelo. Ello significa que con objeto de ver efectivamente al Sol ascender en el marco de ambos templos, un observador apostado en el suelo necesitaría alejarse alrededor de 120 metros sobre el eje del Templo Mayor. La concordancia en orden de magnitud entre el cálculo de altura de Marquina y los cálculos basados en las pruebas arqueológicas sugiere que lo dicho por Motolinía acerca de la función del Templo Mayor sesgado concuerda con su informe acerca de sus dimensiones. Aparentemente, todo el

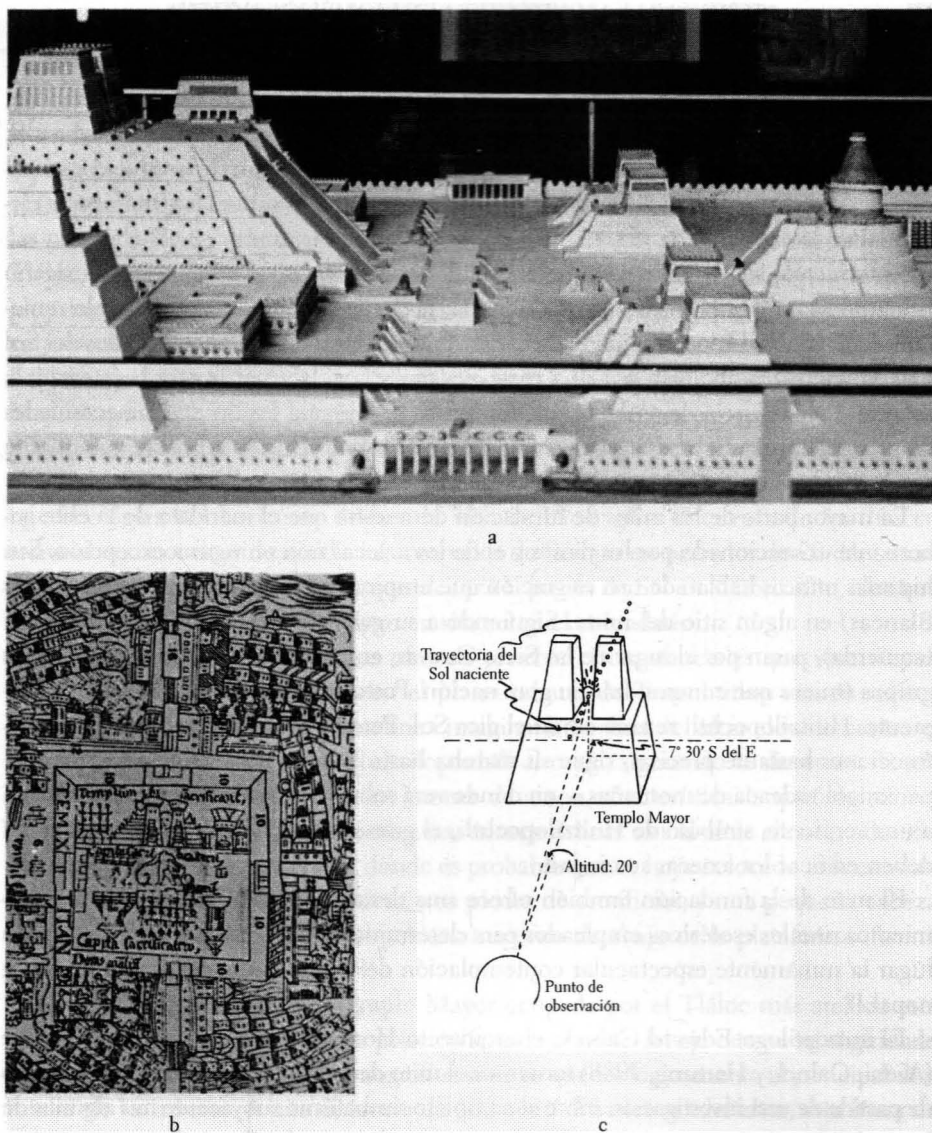


FIGURA 84. Orientación astronómica del Templo Mayor de Tenochtitlan: a) el Templo Mayor (maqueta del Museo Nacional de Antropología, ciudad de México; fotografía de H. Hartung); b) parte de un antiguo mapa de Tenochtitlan donde se muestra la salida del Sol entre los templos gemelos de su cima (García, 1910, 3, pp. 26-27, © The Hakluyt Society, Londres, 1910); c) diagrama de orientación que muestra la trayectoria inclinada del Sol naciente en el equinoccio.

centro ceremonial tenía que sesgarse hacia el este (quizás incluso demolerse y volverse a construir, como dice el cronista) para adaptar correctamente el simbolismo del acaecimiento equinoccial.¹⁸ Sin embargo, la historia de la orientación no acaba allí, pues, en el plano urbano cósmico, los aztecas asociaron el centro de la ciudad a su periferia, diseño que usaron como expresión de su predominio sobre las culturas que circundaban la capital de la isla.

Resumiendo sus extensas excavaciones del Templo Mayor, el arqueólogo mexicano Eduardo Matos (1984) ha propuesto la teoría de que los templos gemelos que lo rematan (dedicados a Tláloc, dios de la lluvia y la fertilidad, y a Huitzilopochtli, dios del Sol y de la guerra) simbolizan por una parte el agua y la vida y por la otra la guerra y la muerte. La presencia de ambas deidades juntas refleja una fusión de las necesidades de una economía de bases agrícolas fincada en el tributo pagado a la elite gobernante por la vía de la conquista.

La mayor parte de los mitos de fundación demuestra que el mandato de la elite gobernante es sancionado por los dioses y el de los aztecas no es ninguna excepción. Sus historias míticas hablan de una migración que empieza en Aztlán (Lugar de las Garzas Blancas) en algún sitio del norte. Siguiendo a su guía Huitzilopochtli (Colibrí de la Izquierda), pasan por el lugar de las Siete Cuevas, en donde se mezclan con todos los grupos étnicos que compondrán su gran nación. Posteriormente, en el Cerro de la Serpiente, Huitzilopochtli renace como el dios Sol. Pero su pueblo, que ha recibido instrucciones bastante precisas, sigue su marcha hasta encontrar cierto lugar —un área pantanosa rodeada de montañas— en donde verá sobre un nopal un águila que devora a una serpiente, símbolo de Huitzilopochtli, el gran guerrero como Sol naciente. Allí deben edificar los aztecas su ciudad.

El mito de la fundación también ofrece una descripción detallada de los procedimientos rituales esotéricos empleados para determinar cómo, cuándo y dónde tendría lugar la sumamente espectacular contemplación de la hierofanía del águila sobre un nopal.¹⁹

El antropólogo Edward Calnek, el arquitecto Horst Hartung y el que esto escribe (Aveni, Calnek y Hartung, 1988) tomamos el mito de la fundación azteca como punto de partida de una investigación sobre el complejo simbolismo subyacente tras algunos de los motivos prácticos asociados a la construcción del templo. Específicamente, sostuvimos que, asociadas al mito de la fundación de su ciudad, los constructores del gran

¹⁸ Una buena lección para todos los aspirantes a arqueoastrónomos: el edificio señala hacia el equinoccio, pero no se orienta de este a oeste verdaderos. Para el registro histórico (y la pertinencia de la altura como tercera dimensión), los alineamientos medidos no resuelven el problema por sí solos.

¹⁹ En la actualidad, esa imagen se conserva como símbolo de la ciudad de México y aparece en la bandera mexicana.

centro ceremonial azteca de Tenochtitlan poseían ciertas predilecciones cosmológicas que trataron de duplicar en su espacio sagrado de diversos modos. Como ocurre con frecuencia en Mesoamérica, el mito se fija en un sistema de astronomía del horizonte vinculado a la adoración de una montaña.

La relación del culto a una montaña con el calendario cívico se ve fortalecida por las propiedades de orientación observadas en un oratorio construido sobre el Cerro Tláloc, morada del dios de la lluvia, situado directamente enfrente (al oeste) del Templo Mayor, a una distancia de 44 kilómetros. Como hemos de ver, juntos el Sol y el cerro constituían un recordatorio visual de la restauración en vivo de una tradición que hablaba del origen de todas las tribus mexicas. La vista desde la cima del Templo Mayor también fortalece la creencia de que el propio tiempo, encapsulado en el desplazamiento solar, se repartía en perfecta armonía con acontecimientos que conducían al establecimiento del régimen azteca. En un nivel más específico, el esquema de cuenta cronológica del horizonte destaca la idea de hacer girar la cuenta de los días en torno al equinoccio y de dividir los intervalos de tiempo en periodos de 20 días, marcados por los lugares prominentes que alcanza la puesta de Sol en el horizonte, idea que al parecer concuerda con el registro escrito sobre el calendario.

Las excavaciones arqueológicas ofrecen pruebas circunstanciales que vinculan el grado de desviación encontrado en el plano urbano de Tenochtitlan con el culto a Huitzilopochtli. Por ejemplo, una línea imaginaria tendida del altar elevado contra el muro posterior del Templo de Huitzilopochtli al oeste, siguiendo la dirección de alineamiento del edificio, pasa por no menos de cinco características arqueológicas sumamente distintivas. De este a oeste, esas características son el altar elevado adosado al muro posterior del templo, en donde es probable que se haya colocado una escultura de la deidad; dos ofrendas ocultas; una piedra de sacrificios, y una pequeña cabeza de estuco puesta en el centro del peldaño superior de abajo de la plataforma (Aveni, Calnek y Hartung, 1988, figura 3).

En contraste, la mitad del Templo Mayor ocupada por el Tláloc más arcaico está desplazada asimétricamente a una posición situada al norte del eje este-oeste, sugiriendo una subordinación expresada iconográfica si no es que teológicamente al principal dios tutelar de los aztecas. A una distancia de 100 *omítl* (55 metros) del altar, esta línea de orientación cruza la intersección del lado norte de la calle de Argentina y el lado oeste de la calle de Guatemala (una y otra calzadas elevadas transformadas en calles modernas; véase figura 85a). Ese punto de intersección se halla muy próximo al de las cuatro calzadas elevadas (Aveni, Calnek y Hartung, 1988, punto 0 en la figura 3).

Para incorporar el alineamiento equinoccial como principio duradero en el entorno tridimensional cerrado de su espacio ceremonial, los constructores proyectaron el Templo Mayor 7° al sur del este a modo de poder ver al Sol elevarse entre la separación

de los templos o quizás, como hemos sugerido alternativamente, sobre el Templo de Huitzilopochtli en el equinoccio, toda vez que Huitzilopochtli es el dios Sol.²⁰

Desplazándonos del centro de la ciudad a la periferia, descubrimos que si una línea perpendicular al frente del Templo Mayor se tiende a lo largo de la calle que va al este desde el punto de intersección de las cuatro calzadas, esa línea intersecta el horizonte oriental en un punto cercano al lugar en que el Sol sale alrededor de 20 días antes del equinoccio de primavera. En la actualidad, el horizonte oriental todavía puede verse mirando por la moderna calle de Guatemala, en el centro de la ciudad de México, hacia el Cerro Tláloc (figura 85a). Esta calle tiene casi exactamente la misma orientación que el Templo Mayor, tal como habría sido cuando terminaba en un muelle para canoas. De ese modo, en tiempos de la Conquista debe de haber habido una vista sin obstrucción de esos cerros.

La versión del mito de la fundación que da el cronista Tezozómoc (Tezozómoc, 1975) sugiere la observación hacia el este en la época del equinoccio y la arquitectura concuerda con esa orientación general. En consecuencia, la pregunta que formulamos es: ¿Qué puntos de referencia ambiental se pueden encontrar en el paisaje que rodea a la ciudad? Si el eje medio del Templo Mayor se prolonga más hacia el este hasta el punto más remoto del valle desde el cual todavía pueda verse el Templo Mayor, encontramos que esa línea intersecta un paso culturalmente importante entre dos cerros prominentes, el Cerro Tláloc y el Cerro Telapon, localizados a lo largo del horizonte oriental de la ciudad de México a una distancia de 44 kilómetros. El Cerro Tláloc (4 130 m de altura), el cerro del norte, fue considerado por los cronistas como la montaña quizás más importante en el paisaje. Representado con frecuencia en los códices mexicas y llamado "Tlalocan", la casa del dios de la lluvia, se dice que este monte daba origen a la lluvia, la niebla, las nubes y la nieve (figuras 85b y c). Varios cronistas describen un ídolo de Tláloc al que se adoraba en la cima de la montaña. También se refieren al cerro como a un lugar muy venerado que visitaban muchos de los dirigentes mexicas importantes (véanse detalles en Aveni, Hartung y Kelley, 1982). Se decía que las ruinas bastante extensas de la cima del monte consistían de un amplio patio en donde tenía lugar una fiesta anual el 29 de abril (9 de mayo gregoriano), durante el mes azteca de Hueytozoztli. Según Wicke y Horcasitas (1957, p. 85), quienes ascendieron al pico a mediados de los años cincuenta, era la época en que germinan los gra-

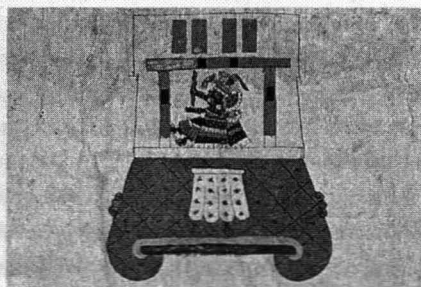
²⁰ La reedificación de los templos a diferentes alturas debe haber presentado todo un problema y ése puede haber sido el origen subyacente del famoso señalamiento de Motolinía acerca de que el edificio estaba torcido y de la necesidad que Moctezuma tenía de reconstruirlo. Pero se puede considerar que la concordancia general de los alineamientos de las últimas fases implica tanto que la diferencia de altura lineal entre el observador y el disco solar siempre se mantenía constante en el problema de ingeniería o que el deseo de conservar la orientación hacia el equinoccio, una vez establecida ésta, simplemente fue abandonado debido a otras preocupaciones (no astronómicas).



a



b



c

FIGURA 85. a) Vista del horizonte oriental tomada desde el Templo Mayor a lo largo de la calle de Guatemala, arteria que sigue la dirección de una de las cuatro calzadas que unían la isla con la tierra firme; el Cerro Tláloc es visible a lo lejos (foto de Edward Calnek); b) fotografía aérea (desde el este) del recinto existente en el Cerro Tláloc (cortesía de Mesoamerican Archive, Princeton University); c) Tláloc, dios de la lluvia, en su morada montañosa. (Códice Borbónico, cortesía de Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz, Austria.)

nos del maíz. A la fiesta, nos dice Diego Durán, “asistían sacerdotes, gobernantes y señores tanto del Valle de México como del de Puebla, para los cuales se construían refugios provisionales de ramas y cañas en las laderas que bajaban del patio”. Luego, Durán describe el sacrificio de niños que ocurría allí. Terminadas las ceremonias, todos se precipitaban al Valle de México, en donde el mismo día tenía lugar una segunda ceremonia en honor de Chalchiuhtlicue, diosa de las aguas. Este señalamiento muestra una vinculación física directa entre el principal recinto ceremonial y un segmento particular de sus alrededores.

Como lo había hecho Rickards (1929) algunos años antes que ellos, luego de su ascenso a la cima, Wicke y Horcasitas proporcionaron bocetos y descripciones del lugar. El cerco rectangular de la cima (figura 85b) mide alrededor de 40 metros (de este a oeste) por 50 (de norte a sur) y consiste de pesados muros derruidos hechos de piedra burdamente tallada que deben de haber tenido varios metros de altura (para concordar con la descripción de Durán). Entre las diversas estructuras más pequeñas del interior del recinto se cuenta un hoyo rectangular de alrededor de un metro cuadrado, excavado en la roca sólida. (Cuando subí al Cerro Tláloc en octubre de 1984, noté que el hoyo contenía agua. No puedo decir si aquella cavidad llena de agua tenía algún propósito sacrificial o simplemente era parte del abasto bastante escaso del líquido en el cerro. Un acueducto, la fuente más próxima de agua, empieza al pie de la elevación.)

Un impresionante sendero amurallado de 125 metros de largo, al que nuestras mediciones indican que se puede llegar desde la dirección $281^{\circ}30'$ u $11^{\circ}30'$ norte del este, permite la entrada al espacio cercado de la cima del Cerro Tláloc. Notamos que las orientaciones del sendero y del recinto son diferentes. Encontramos que el sendero está sesgado 8° respecto al propio recinto, que realmente mira a $273^{\circ}30'$ ($3^{\circ}30'$ N de O), directamente en línea con el Templo Mayor.

El historiador del arte Richard Townsend (1991) ha señalado que el sendero del Cerro Tláloc servía a un importante propósito social: dominaba el tráfico. El rito de hacer llover implicaba a representantes procesionales de cuatro diferentes ciudades, cada uno de los cuales tenía la responsabilidad de erigir una parte distinta del ídolo de Tláloc, actualmente ubicado dentro del recinto. El sendero tenía como función reunir a esas facciones y conducir las hacia adentro y hacia afuera del recinto ceremonial.

La vista que tiene ante sí alguien que sale del sendero es sumamente impresionante (Aveni, Calnek y Hartung, 1988, figura 7): el cercano Cerro Huepango se ve al frente, y a la izquierda queda el Templo Mayor, la vista más lejana que se puede tener de él desde cualquier punto del este (en la actualidad apenas es visible a causa de la niebla perpetua de la moderna ciudad de México). El ocaso debe de haber ocurrido a lo largo de la dirección del eje del sendero el 18 de abril, fecha que cae casi un mes mexicana antes del 9 de mayo, día en que se organizaba la gran fiesta en honor de Tláloc en su

lugar de nacimiento. Por tanto, el sendero puede haber sido **sesgado deliberadamente** respecto al eje del recinto, a fin de adaptar la orientación al Sol **poniente** durante el mes en que se realizaba aquel rito en particular.

Todas esas observaciones sugieren que el Cerro Tláloc, el **legendario** Tlalocan de la periferia del Valle de México que contiene el **gran centro ceremonial**, puede haber desempeñado algún papel en el esquema de planificación y orientación del Templo Mayor. Visto desde el Templo Mayor, el Cerro Tláloc se yergue $2\frac{1}{2}^{\circ}$ sobre el horizonte a un acimut de 93° . El eje de la primera fachada excavada del Templo Mayor se proyecta casi hasta la cima del Cerro Colotopec (17-18 días antes del equinoccio). Sin embargo, el Sol habría llegado al Cerro Telapon, el punto más elevado de ese perfil del horizonte, el 1° de marzo y el 14 de octubre, alrededor de 20 días antes o después del equinoccio a lo largo del horizonte. Apoya nuestros hallazgos el estudio del Cerro Tláloc hecho por Iwaniszewski (1994), añadiendo la posibilidad de que ese monte sirviera de mira posterior de un sistema de alineamientos más extenso conectado con montañas prominentes localizadas más al este; es decir, allende el horizonte del Templo Mayor. A partir de datos de campo adicionales, en fechas más recientes Sprajc (2000b; s. f. b) ha llegado a la conclusión de que el calendario de orientaciones incorporaba varios otros cerros prominentes del horizonte local. Calculadas con respecto a los alineamientos del Templo Mayor, las posiciones de esas montañas están separadas por múltiplos de 13 y 20 días. Éstos, sostiene Sprajc, marcaban puntos críticos en el ciclo agrícola.

Hay otro aspecto direccional del mito descrito en la crónica de Tezozómoc que concuerda con este tipo particular de calendario de orientaciones. El vecino sitio del Cerro Tepetzinco, afloramiento del Lago de Texcoco localizado a menos de cinco kilómetros de Tenochtitlan, se había mencionado en el mito del origen en relación con el sacrificio de Copil (el *alter ego* de Huitzilopochtli), cuyo corazón extirpado se decía que, tras ser arrojado al lago, señalaba la ubicación del cacto real destinado a constituir el centro de la ciudad. Contaban que su cabeza decapitada se había colocado en lo alto de aquella pequeña excrescencia. El Cerro Tepetzinco continuó desempeñando un papel importante en los ritos ceremoniales aztecas hasta la época de la Conquista española (véase, por ejemplo, Sahagún, 1981, libro 2). Visto desde el recinto del templo, Tepetzinco queda a $82\frac{1}{2}^{\circ}$ o a $7\frac{1}{2}^{\circ}$ al norte del este. Dada la elevación del horizonte, las salidas del Sol en esa dirección habrían ocurrido el 8 de abril y el 6 de septiembre, el primero de los cuales cae 19 días *después* del equinoccio de primavera. Por consiguiente, en un sentido espacial, el Cerro Tepetzinco es el recíproco calendárico del Cerro Telapon y del Cerro Tláloc contiguo.

En suma, el interés primordial de los primeros astrónomos mexicanos o, si se prefiere, del propio dios Huitzilopochtli, radicaba en las observaciones de la salida del Sol

vinculadas a los equinoccios y espaciadas a intervalos iguales definidos por la cuenta vigesimal de los periodos de días enteros que exigía el sistema calendárico.

Como sostenemos en nuestro estudio, todos esos alineamientos habrían constituido una correspondencia ideal sólo durante los primeros años después de la institución de un calendario recalibrado; sin embargo, algunas citas del cronista Ixtlilxóchitl implican no sólo que las observaciones del equinoccio se empleaban para recalibrar los calendarios sino que el calendario de 365 días no se corregía rutinariamente por medio de intercalaciones de años bisiestos. Si los fenómenos astronómicos se señalaban mediante estructuras monumentales como el Templo Mayor, el propósito casi seguramente era conmemorar ritualmente hechos decisivos. La celebración de la fundación de México-Tenochtitlan incuestionablemente pertenece a esa categoría.

Finalmente, el testimonio etnohistórico ofrece una prueba tangible de que, en Tenochtitlan, otro poderoso eje cósmico ligaba el centro con la periferia, eje que destacaba el dominio azteca sobre sus tributarios. El ejemplo concierne al sacrificio ritual de niños a Tláloc en pago de la deuda por la lluvia. Aquellas ceremonias se organizaban a manera de llamar una atención particular hacia principios sistemáticamente cosmológicos que son inherentes al trazo urbano de la ciudad (Aveni, 1991a). Sahagún (1981, libro 2, apéndice) dice que en Atlcahualo, el primer mes del año, se llevaban niños a varios sitios, de preferencia a las cimas de las montañas localizadas en los alrededores de la ciudad. Aquellos niños estaban destinados al sacrificio.

Resultan reveladoras dos observaciones acerca del orden presentado en la descripción del ritual que hace Sahagún: Primero, el lugar inicial de la deposición de los niños, el Cerro Cuauhtepec, queda en Tenochtitlan, al norte del Templo Mayor (no al norte astronómico, pues recuérdense los 7° de diferencia entre uno y otro). El eje norte-sur de la ciudad cuadra perfectamente con las direcciones de los costados del Templo Mayor y sigue las calzadas que conducen del recinto ceremonial a tierra firme, del mismo modo en que la estructura reticular de Teotihuacan tiene como centro un eje sesgado y calendáricamente fijo en Cerro Gordo, su montaña del norte. Segundo, la cronología de la procesión a los siete lugares, descrita por Sahagún, habría exigido que los celebrantes se desplazaran alrededor de la periferia del paisaje allende la ciudad de la isla en dirección de las manecillas del reloj; esto es, del norte de Tenochtitlan al este y luego al sur y al oeste. Ahora bien, no está claro si los participantes viajaban a cada uno de los lugares periféricos para volver cada vez al centro antes de dirigirse al sitio siguiente o si se desplazaban de un sitio a otro en torno al borde del Tenochtitlan urbano. A decir verdad, todos los pasos incluidos en la procesión ritual a los siete sitios colocados en secuencia pueden haberse cumplido simultáneamente. Sea como fuere, las ceremonias rituales de Atlcahualo con que se pagaba la deuda contraída con Tláloc, el dios de la lluvia, surgen como el primer acontecimiento de una serie de ritos

mensuales a cargo del Estado que tenían lugar en un variado conjunto de paisajes ceremoniales (Broda, 1982, 1991). A lo largo del año estacional, aquellos ritos tenían como propósito demostrar la concordancia entre el Estado y la naturaleza, entre el centro y la periferia del Imperio azteca. En el primer rito del mes, los lugares sagrados se escogían para concentrarse en aquellas regiones de los alrededores en que eran manifestadas las diferentes calidades de agua (por ejemplo, las fuentes brotantes de Pantitlán, las aguas de montaña, las aguas salobres que rodeaban el cerro isla de Tepetzinco [Arnold, 1999]). La política influía claramente en la elección del lugar; así, Cocotitlán, un cerro próximo a Chalco, punto estratégico sobre la ruta comercial del sureste en el viejo territorio enemigo de los mexicas, se contaba entre los sitios de deposición sacrificiales (el sexto entre siete).

Atlcahualo era el primer mes del año calendárico, el que precedía a la temporada de lluvias. ¿Qué mejor época del año para domesticar el espacio mediante la peregrinación en todas las direcciones periféricas del imperio? Los niños pequeños, los que se encontraban en la primera etapa de la vida que habrían de ser sacrificados en la primera fase del año de las estaciones, al parecer eran la moneda ideal en un principio de comercio divino y humano que servía de base a la operación del Estado mexica. Aquellos principios de expresión ideológica en la estructura urbana de Tenochtitlan formaban parte del gran proyecto del ritual azteca que debido a su implantabilidad eran más sutilmente poderosos que la iconografía patente de tronos y de templos, reconocida tradicionalmente por los especialistas como manifestaciones señaladas de la *cosmovisión* mesoamericana.

Los arqueólogos consideran a Tenochtitlan un ejemplo ideal de ciudad administrativa. Esto significa que, entre otras propiedades (Sanders y Webster, 1988, p. 525), su función primordial era política. Pero ningún sistema político urbano opera sin un calendario y ningún calendario carece de un marco de referencia cosmológico original. La capital azteca alojaba un enorme complejo de estructuras religiosas, casi tantas como los diversos cultos albergados en el recinto ceremonial. Pero, como hemos visto, en el entorno local de los espacios urbanos de esta gran ciudad, los conceptos cosmológicos y calendáricos nativos se hallan en la raíz de su disposición, su axialidad y su establecimiento. Aunque Teotihuacan y Tenochtitlan se sitúen a un milenio de distancia, con esta última ciudad ofreciendo mucho más información gracias a las fuentes posteriores a la Conquista, ambas pueden haber compartido propiedades expresivas ideológicas como resultado de las fuerzas combinadas del determinismo ambiental y de la voluntad política de los gobernantes mexicas de incorporar en su capital principios estructurales concretos de la antigua ciudad en que nacieron los dioses.

LAS CIUDADES MAYAS: ARQUITECTURA Y PAISAJE SAGRADO

En contraste total con Teotihuacan y Tenochtitlan, a primera vista los planos de las ciudades mayas parecen desordenados, con grupos dispersos de edificios comunicados por caminos orientados al azar (*sacbeob*), pero mirando con mayor detenimiento se nos revelan patrones subyacentes que concuerdan con la función principal de la ciudad maya: lugar que transpira autoridad centralizada. Junto con la escultura monumental que la acompaña, la arquitectura maya claramente transmite al pueblo el mensaje de que el poder de la elite gobernante fue ordenado por antepasados celestiales. La ciudad en sí es un microcosmos de lo divino concebido para facilitar un diálogo entre el pueblo y sus dioses, con el gobernante en la posición central como intermediario.

La figura 86 muestra una serie de histogramas de alineamientos axiales de importantes sitios mayas que Hartung y el que esto escribe reunimos con el transcurso de los años (véase Aveni y Hartung, 1986). El histograma de la figura 86a revela el conocido sesgo al este del norte del alineamiento de los sitios mayas (MacGowan, 1945; Pollock, 1980, p. 652). Sólo 16% de los alineamientos cae al oeste de la línea norte-sur, en tanto que 84% queda al este. El grupo predominante se sitúa en una zona de 8°-18° al este del norte, con picos que aparecen a 14° y 25° al este del norte; la mediana de todo el grupo cae a 12½° al este del norte. Esta distribución es notablemente similar a un diagrama más general y más antiguo que contiene datos de orientaciones de 56 sitios panmeso-americanos, alrededor de un tercio de los cuales eran mayas (Aveni, 1975b, figura 1). La similitud de las dos distribuciones, tanto como la semejanza general del diagrama para sitios mayas y la muestra comparativa del Altiplano Central mexicano (figura 81c) estudiada con anterioridad, apoyan la sugerencia de que el sesgo en el sentido de las manecillas del reloj en la orientación de edificios fue una práctica arquitectónica común en una vasta región de México.

El pronunciado máximo a 25° en la zona maya y a 27° en el Centro de México (figura 86b) tal vez refleje orientaciones hacia las posiciones del Sol en el horizonte durante los solsticios. Si postulamos la salida del Sol en el solsticio de diciembre como principio rector, entonces podríamos esperar que los alineamientos de las tierras altas alcanzaran un máximo a valores de acimut ligeramente superiores a sus equivalentes mayas, porque el horizonte elevado en la primera de las regiones daría por resultado un cambio del acimut de aparición de la primera luz solar en esa dirección (véase la p. 150 para una exposición de este principio). Examinando los datos cronológicamente, notamos que esta orientación básica hacia una de las posiciones clave del Sol en el horizonte ya está presente en la arquitectura del Formativo Tardío y del Clásico Temprano (véase figura 86c; y también Aveni y Hartung, 2000) y persiste en el Periodo Clá-

sico Tardío (figura 86d). Sin embargo, hacia el Periodo Posclásico (figura 86f), su presencia no es tan obvia.

Con base en el testimonio glífico y etnohistórico, Victoria Bricker (1982) ha argumentado que los mayas emplearon por primera vez el calendario solar alrededor de 500 a.C.; esto es, durante el Periodo Preclásico Medio. Es más, su arreglo de los nombres de mes de acuerdo con el año de las estaciones sugiere que originalmente se escogió el solsticio de invierno como punto de partida de la cuenta anual. Esta conclusión concuerda con el histograma (figura 86e), el cual demuestra que los alineamientos estructurales más antiguos corresponden a la dirección del solsticio. No obstante, como podemos apreciar en la figura 86e, hacia la época en que se había desarrollado el estilo arquitectónico Puuc, unos 1 300 años después, estaba en operación un principio de orientación decididamente distinto.

Los datos que se muestran en la figura 86 ofrecen una excelente oportunidad para los estudios tanto regionales como cronológicos del problema de la orientación en Mesoamérica. Por ejemplo, en diversos sitios preclásicos localizados a lo largo de la cuenca hidrográfica de la Costa del Pacífico en Chiapas y en el occidente de Guatemala, encontramos montículos puestos uno tras otro en forma de cruz, con un eje principal alineado con la salida del Sol en uno de los solsticios. Los antiguos habitantes de la costa que los erigieron parecen reflejar uniformemente en los patrones de esos montículos su calendario estacional, en que el ciclo anual empieza claramente con el solsticio. Aunque no tengamos ningún testimonio arquitectónico directo (como lo tenemos de la escritura antigua) en el sentido de que el paso del Sol por el cenit tenía que ver con los calendarios preclásicos, podemos apelar a los argumentos acerca de la arqueoastronomía tropical expuestos en el capítulo III a fin de inferir alguna posible vinculación posterior con ese acaecimiento fundamental. En esas latitudes, la naturaleza ofrece una obvia simetría celestial para unir visualmente el cenit, el solsticio y el equinoccio y para enmarcarlos en el contexto de la forma documentada más antigua de contar el tiempo en Mesoamérica, a saber el Tzol kin. Ese esquema funciona solamente en la latitud del sur de Mesoamérica. De ese modo, si señalamos la posición del Sol poniente el día de su paso por el cenit, posición alcanzada durante su curso hacia el norte, y luego, a partir de esa fecha, contamos retrospectivamente dos uinales desde la fecha del segundo paso del astro por el cenit, llegamos muy cerca del solsticio de junio o al menos tan cerca como podríamos discernirlo fijando un alineamiento. También contar dos uinales completos hacia adelante desde cualquier paso del Sol por el cenit nos lleva cerca de los equinoccios y los solsticios (Aveni y Hartung, 1986, p. 62 y cuadro 3; véase asimismo nuestra exposición sobre Teotihuacan en la p. 228). De un principio de conmensuración manifiesto resulta una armonía ambiental: la coincidencia de la simetría del cuerpo humano y la simetría solar con la me-

dición del tiempo, cada una de las cuales se revela en el cuerpo humano en unidades inherentes.

En el sur, las orientaciones de los montículos preclásicos y de los ejes de los sitios concuerdan con un calendario que existió antes del advenimiento de una cuenta escrita de 20 días, basado únicamente en los solsticios. El “chichón de los solsticios”, a la derecha del pico principal de los datos sin clasificar de la figura 86a, bien pudiera atribuirse a la mezcla de estructuras pertenecientes a periodos primitivos, que es posible distinguir como uno de los resultados del estudio separado de los alineamientos de estructuras preclásicas que pueden fecharse con seguridad (figura 86c).

Es probable que las orientaciones hacia los solsticios formaran parte de una difundida tradición antigua: el primer calendario de orientación solar del que no tenemos ningún indicio material. Pero la situación no es tan simple, pues los datos también indican la posibilidad de más de una tradición en las orientaciones. Por ejemplo, los sitios de La Venta y Laguna de los Cerros, en la Costa del Golfo, comparten un sesgo aberrante de 8° al oeste del norte. Asimismo es anómala la orientación puramente cardinal hallada en San Lorenzo. Más aún, la localización del sitio, su planeación y su orientación en el Preclásico pueden haber tenido influencia de factores distintos de la observación del Sol. Al parecer, fueron importantes las montañas y particularmente los volcanes, pues en muchos casos los ejes entre montículos se alinean con una montaña. A veces, hay orientación tanto hacia una montaña como hacia un solsticio (por ejemplo, Izapa y La Libertad). En otros casos, por ejemplo, en Santa Clara y Cocala (y quizás también en Izapa), el sitio pudo haberse establecido deliberadamente respecto a alguna montaña ubicada al norte. Como ya se ha mencionado, Teotihuacan tiene su cerro al norte, como lo tienen también Tenochtitlan, Tenayuca y Copán (Aveni, 1991a).

La localización del agua también fue un factor en la orientación del sitio. La idea de ubicar y orientar un sitio respecto a las montañas cercanas, el agua y las posiciones del Sol en el horizonte local está apoyada por Coe y Flannery (1987), quienes señalan que sería un error tratar de analizar estrictamente la relación entre un grupo arquitectónico con el entorno más vasto de toda una región. Estos investigadores creen que los habitantes de los sitios preclásicos, al menos en el sur de Guatemala, interactuaron estrechamente con un “microentorno”. Esa gente difícilmente sería afectada por la lluvia, la temperatura o los tipos de plantas y animales a 30 kilómetros hacia la costa a partir de sus propios sitios ribereños.

De una manera general, la idea de que el primer calendario de orientaciones en Mesoamérica fue calculado observando la salida del Sol sobre las altas montañas de América Central (y de que los cronologistas calendáricos dispusieron que ese patrón debía establecerse en todo el territorio para fijar los solsticios) fue sugerida mucho tiempo atrás por Vincent H. Malmström, en 1978. Apoyándose en el estudio de mapas,

Malmström aseguraba que había encontrado un patrón geográfico de ubicación de centros respecto a la dirección de las montañas y los solsticios. Este investigador usó esos datos para sugerir patrones de difusión del primer calendario fuera de Izapa. Sin embargo, prestó poca atención a la determinación de fechas arqueológicas de esos sitios.

Si bien algunas de las montañas para las cuales propuso Malmström orientaciones de sitio no son visibles en el horizonte local, sus argumentos para seleccionar algunas de ellas parecen bastante razonables. Por ejemplo, el Cerro Zempoaltepec (visible a 150 kilómetros de distancia) queda en dirección de la puesta de Sol en el solsticio de diciembre visto desde San Lorenzo. Es probable que ese alineamiento se haya escogido porque los lugareños usaban el río Coatzacoalcos y sus tributarios para transportar los materiales con que esculpían sus esculturas monumentales. Éstos provenían de las canteras de la sierra de los Tuxtlas, al norte, cuyo "sitio es el lugar más cercano accesible para la navegación fluvial que muestre la adecuada relación con Zempoaltepec en el solsticio" (p. 113).

Desde mucho tiempo atrás se ha argumentado que el flujo general de mercancías e ideas que caracteriza a la civilización Clásica maya procedía del sur al norte, en tanto que el testimonio arqueológico sugiere que los principios calendárico-arquitectónicos concebidos en el sur se difundían adelante en el tiempo y al norte en el espacio, como ocurría en Mesoamérica con tantas otras habilidades, estilos y tradiciones. El análisis de los datos sobre orientaciones ofrece más apoyo. Nótese el prominente pico de 14° en las orientaciones Puuc (Clásico Terminal) (figura 86e). Esa orientación corresponde a orientaciones a la salida y el ocaso del Sol un uinal (20 días) antes del paso del astro por el cenit. (Sprajc [1990] encuentra muchos de esos mismos alineamientos hacia el horizonte con base en un uinal en una estructura de Oxkintok, desorientada y con cámaras de observación.) Sin embargo, en esas latitudes, aunque cada uinal esté separado del paso por el cenit por el mismo intervalo *de tiempo*, las orientaciones espaciales solares que van apareadas con el principio (o el fin) de cada uinal no corresponden a las fechas de los equinoccios o los solsticios (Aveni y Hartung, 1986, p. 63). Derivada originalmente en el sur de la Mesoamérica Preclásica, llevada al norte, adaptada e incorporada como un principio tradicional en la arquitectura pública y ceremonial Puuc, la orientación a 14° consiste en realidad en la traslación *espacial* de una idea *temporal*, una manera no escrita, inteligente y sumamente visible de expresar el modo en que van juntos el cómputo del tiempo y las direcciones espaciales. Ésa es una manifestación arquitectónica del principio de orientación calendárica según el cual *el Sol se pone en la misma dirección en todo el mundo maya los días que caen dos uinales antes de su paso por el cenit*.

Aunque en el sur sea difícil rastrear el calendario de orientaciones debido a la falta de datos, la desviación Puuc de 14° al parecer fue producto de la transmisión y la evo-

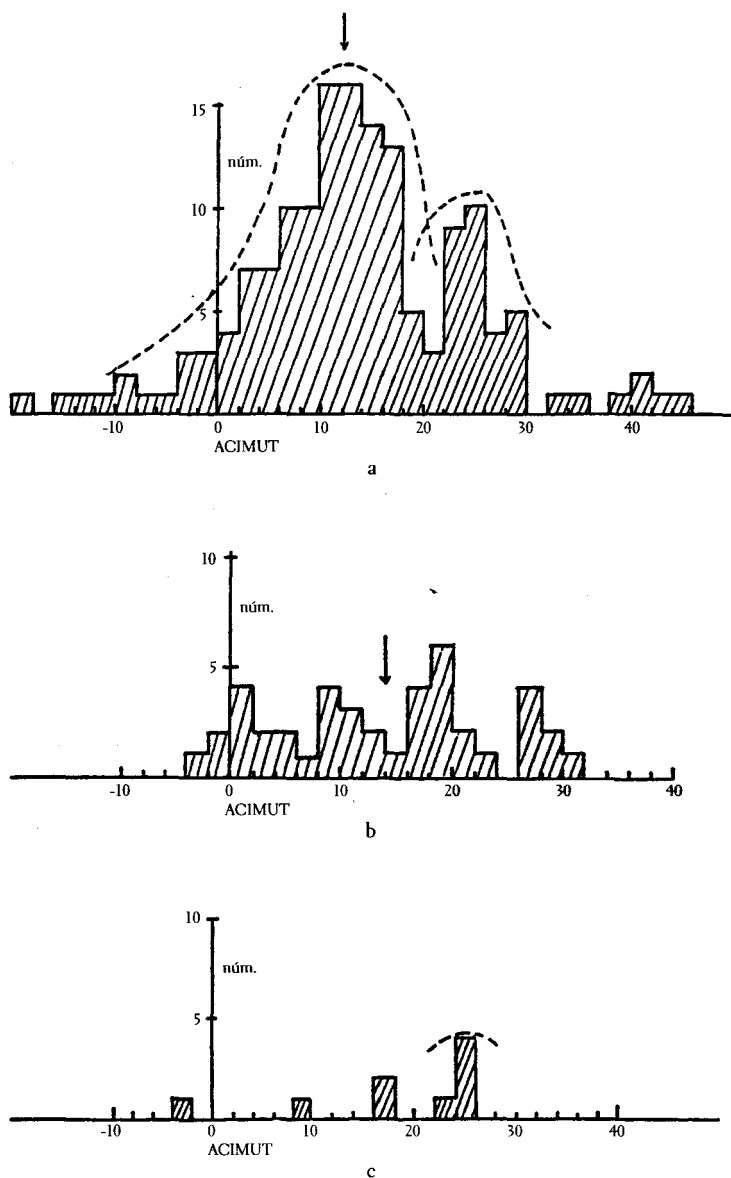
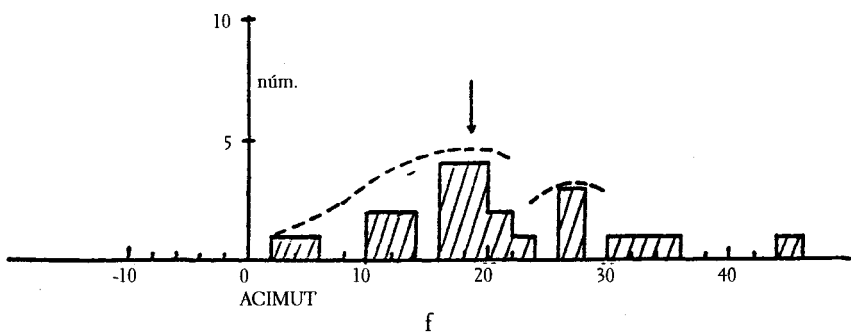
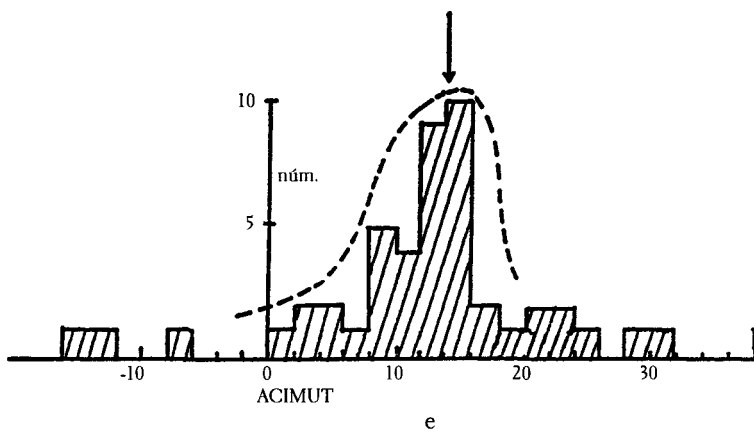
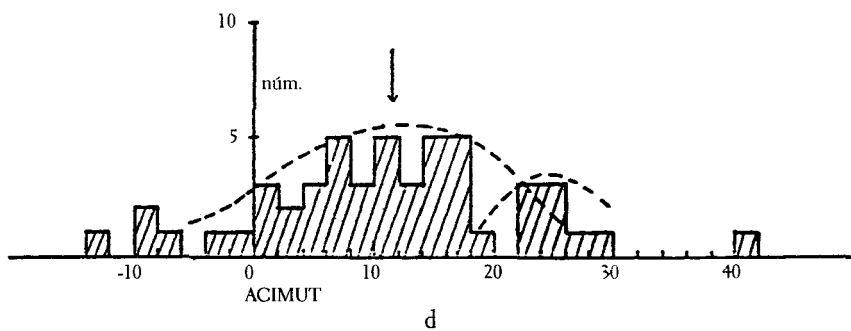


FIGURA 86. Histogramas que muestran la distribución de los ejes de orientación de las ciudades mayas: a) Panmaya; b) Clásico del Altiplano Central mexicano (como comparación); c) Formativo Tardío y Clásico Temprano; d) Clásico Tardío; e) Puuc (Clásico Terminal); f) Posclásico. (De Aveni y Hartung, 1986, cortesía de la American Philosophical Society.)



lución de ese calendario revelado en las ruinas de los sitios septentrionales del Clásico Terminal. El hipotético calendario de orientaciones, que consiste de unidades de 20 días centradas en el paso del Sol por el cenit y que fue examinado previamente en un contexto etnohistórico y etnográfico (véase pp. 40-47), ofrece una explicación satisfactoria de los alineamientos de edificios enfocados de manera sumamente direccional que encontramos en el Clásico Terminal al norte de Yucatán. Simple y llanamente, no hay manera posible de establecer esas orientaciones sistemáticas de edificios en un área extensa sin recurrir al uso de fenómenos celestiales.

Ahora bien, la dirección espacial correspondiente a la posición del paso-por-el-cenit-menos-un-uinal en el cómputo calendárico de sitios mayas meridionales en la selva pluvial del Petén muestra aproximadamente la misma orientación que el sesgo mediano encontrado en los alineamientos de sitios Puuc. Esta coincidencia puede reflejar un primer intento por establecer en el norte de Yucatán un principio calendárico heredado de una cultura situada en un entorno más meridional, principio que ulteriormente habría de ser modificado mediante la planeación de edificios que se desviaban ligeramente del eje principal de cada sitio, a fin de satisfacer condiciones celestiales y meteorológicas locales, pero especialmente agrícolas. El arqueólogo Edward Kurjack y sus colegas (Kurjack, Garza y Lucas, 1979) han hecho estudios detallados sobre la planeación general de centros ceremoniales Puuc. Estos investigadores encuentran que los sitios se diseminan de manera más o menos uniforme por la zona de la cordillera en vez de apiñarse en unos cuantos lugares. Descartan las características defensivas como determinantes de la orientación de los sitios, aunque señalan la existencia de una muralla de fortificación alrededor de Uxmal. El modo en que la arquitectura parece diseminarse en el paisaje les sugiere que un gran número de instituciones operadas localmente administraba una parte considerable de los recursos y del poder de que disponía la sociedad. Kurjack y sus colaboradores apoyan esa "hipótesis del control" señalando en cada sitio Puuc la existencia de varios grupos de edificios separados que, salvo cuando están comunicados por caminos, parecen totalmente aislados y distintos, casi como si compitieran entre sí. Su equipo de investigadores también sostiene que, de haber existido una autoridad central bien desarrollada, no podría esperarse hallar tres sitios importantes como Oxkintok, Uxmal y Kabah dentro de un pequeño espacio de 52 kilómetros cuadrados. No obstante, el hecho de que los sitios se comuniquen por medio de caminos indica que esas comunidades deben de haber interactuado de manera muy significativa.

Sin importar el modelo que pudiera adoptarse para explicar los patrones de asentamiento mayas (véase un resumen en Willey, 1977), la naturaleza arquitectónicamente repetitiva de los centros mayas y particularmente Puucs es un argumento en favor de una ideología muy difundida (y de las reglas para su práctica) que unía a los pobla-

dores independientemente de lo disperso que fuera el orden social. En los sitios del Clásico Terminal Puuc, la separabilidad insinuada en el "orden feudal" (el término es de Willey) por el desarrollo de complejos individuales consistentes de edificios que miran hacia el centro de su propio agrupamiento particular se ve contrarrestada por la unidad general del sitio que se despliega en la planeación y la orientación cuidadosas y deliberadas de esos complejos alrededor de un eje básico. La unidad jerárquica procede hacia una escala todavía mayor cuando encontramos planos y orientaciones casi idénticos en una diversidad de ciudades muy distantes. Estoy convencido de que un calendario estatal, establecido según los lineamientos sugeridos aquí, desempeñó un papel importante en ciertas etapas de la planeación de los sitios (Aveni y Hartung, 1986).

Astronomía y política dinástica: el caso de Copán

En un modelo o patrón de traza arquitectónica de la ciudad maya clásica, la arqueóloga Wendy Ashmore (1989, 1991) ha distinguido cinco componentes vinculados cosmológicamente que explican su papel en los pronunciamientos político-religiosos. Los principales componentes de ese patrón son: 1) un eje norte-sur fuertemente marcado; 2) dualismo funcional mutuamente complementario para la construcción y los espacios de los extremos norte y sur de ese eje, en donde el norte representa la esfera sobrenatural celestial y el sur el inframundo o mundo material; 3) el apéndice de unidades subsidiarias al este y al oeste para formar un triángulo con el norte; 4) la común pero no constante presencia de un juego de pelota como intermediario entre el norte y el sur, y 5) el frecuente uso de caminos para subrayar la vinculación entre varios elementos y de ese modo hacer hincapié en la coherencia simbólica del todo.²¹

Los grupos de pirámides gemelas de Tikal (figura 87) ofrecen el ejemplo más obvio para explicar algunas características del patrón de Ashmore. Su plano invita a una comparación con el cosmograma de la página 1 del *Códice Fejérváry-Mayer* y su equivalente de las páginas 75-76 del *Códice de Madrid* (véase capítulo IV, pp. 203-209; Coggin, 1980). Cada complejo (fechado ca. 600 d.C.) está compuesto de dos grandes pirámides localizadas sobre el eje este-oeste predominante de una plaza, con estructuras menores sobre el eje opuesto norte-sur: un cercado sin techo al norte y una peque-

²¹ Estrechamente vinculadas a esas ideas están las del antropólogo Evon Vogt (1997), quien reconoce tres patrones básicos característicos de las creencias panmayas acerca del cosmos y los rituales concomitantes en los que se manifiestan esas creencias: 1) la percepción del universo como un tresbolillo; 2) la asociación entre los dioses ancestrales y las pirámides modeladas a imagen de las montañas, y 3) el uso de un eje del mundo concebido como un árbol para comunicarse con los antepasados. Sus sugerencias se basan en datos puramente etnográficos.

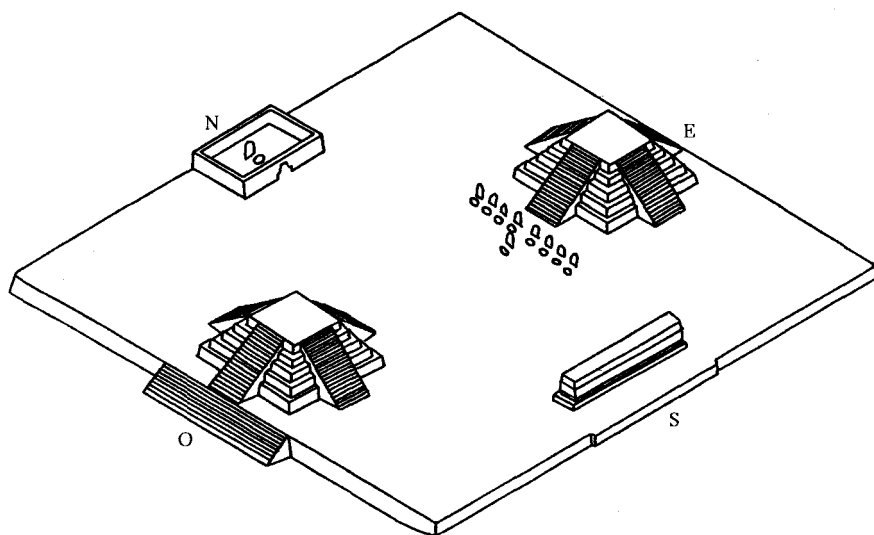


FIGURA 87. Los complejos de pirámides gemelas de Tikal invitan a una comparación con los cosmogramas de los códices. (Cf. figura 60). (Cortesía de Nicholas Hellmuth, F.L.A.A.R., www.maya-archaeology.org)

ña construcción alargada al sur. Una estela y un altar ubicados dentro de la construcción del norte (simbólicamente “arriba”) da información acerca del gobernante que ordenó el complejo, habitualmente para celebrar el fin del katún en que había reinado. Esta edificación se abre hacia el cenit, de donde deriva el poder del gobernante. La estructura sur (“abajo”) consiste de nueve entradas, el mismo número de niveles del inframundo.

Ashmore señala cosmogramas similares tanto en muchos de los principales complejos de Tikal como en una parte importante de las ruinas de Copán (figura 88), en tanto que el arqueólogo William Fash (Fash y Fash 2000) ha caracterizado la gran Acrópolis de Copán como una geografía sagrada en sí. Un paseo por cada templo integrante, con su iconografía especializada y sus inscripciones propias, traza los pasos sucesivos en la mitología de la creación del *Popol Vuh* (Stuart, 1997), como el mito de fundación de los aztecas parece encapsulado en la ubicación y la orientación de Teotihuacan. Colocadas estratégicamente en las laderas que ofrecen una vista dominante del campo, las estelas exteriores de Copán aportan nuevas claves sobre la disposición cósmica de la arquitectura de Copán, disposición que recuerda el principio del centro y la periferia empleado en Tenochtitlan. Antaño considerados sólo como marcas de

linderos políticos, algunos de esos monumentos también pudieron ponerse para incorporar el tiempo estructurado en el plano de la gran ciudad maya, que en su apogeo (ca. 600-700 d.C.) puede haber mantenido a más de 20 000 habitantes.

Una línea base de siete kilómetros de largo entre la Estela 12, erigida en el lado oriente del Valle de Copán, y la Estela 10, que se halla al occidente, está dirigida a 9°00' al norte del oeste. La línea pasa por el sitio arqueológico en el extremo borde sur del Patio Occidental, donde los edificios se orientan aproximadamente en la misma dirección (figuras 88 y 89). En los años veinte, el arqueólogo Sylvanus Morley demostró que, visto desde la Estela 12, el Sol se pone sobre la Estela 10 el 12 de abril y el 7 de septiembre (en realidad la segunda fecha corresponde al 1° de septiembre). Morley vinculó el primer acaecimiento con el principio del cultivo de la milpa, que aún se practica en aquella región. La puesta del Sol a lo largo de la línea base de las Estelas 12-10 anunciaba oficialmente la entrada de la temporada de lluvias del calendario anual, hecho que debe ser precedido inmediatamente por la práctica del sistema agrícola de la milpa: el desmonte y la quema de la maleza. Aunque profundamente absorbido en su estudio de las inscripciones de Copán, Morley, sin embargo, se dio tiempo para registrar en su libreta de apuntes los fenómenos que tenían lugar en aquella época del año en la moderna Honduras (1925): "Actualmente, es costumbre generalizada en el oeste de Honduras quemar los campos a principios de abril con objeto de desmontarlos para plantar a principios de la temporada de lluvias, el mes siguiente. Es un hecho que una vez empezada la quema no habría sido posible observar la puesta de Sol sobre la Estela 10 a partir de la Estela 12 (debido al humo)" (p. 281).

Charles Wisdom (1940, p. 14), antropólogo que estudió el pueblo chorti de la cercana Guatemala, señala el meticuloso programa de eventos apreciable en esa fase del ciclo agrícola. Hacia principios de abril, todos los campos se limpian de vegetación silvestre, que se pone a secar al Sol. A mediados del mismo mes se prende fuego a aquellas pilas y las cenizas se usan como fertilizante para el cultivo por venir. Los habitantes preparan la ceremonia y la fiesta anuales de la lluvia, que se efectúan desde el 25 de abril y se prolongan ocho días hasta el 2 de mayo (20 días después del ocaso tras la Estela 10). En este territorio, el último día coincide con el paso del Sol por el cenit, fenómeno que también puede haber figurado en el programa. La siembra empieza oficialmente el 4 de mayo, un día después de la fiesta de la Santa Cruz. Hablando del poblado yucateco de Chan Kom, Robert Redfield (Redfield y Villa Rojas, 1962, pp. 84, 110) nos dice: "El día festivo más importante del año es el Día de la Cruz, el 3 de mayo [...] En toda época se pueden ofrecer novenas a la Santa Cruz; pero, durante abril y mayo, y especialmente el 3 de mayo [...] la Santa Cruz se festeja con novenas y jaranas en todos los pueblos de la región". El 11 de mayo o alrededor de esa fecha, las familias celebran en sus milpas (sembradíos de maíz) ceremonias a los dioses del vien-

to, cuyo propósito es pedirles que hagan soplar los vientos de lluvia suavemente sobre las milpas, a fin de no destruir las plantas tiernas.

Sea por casualidad, sea por premeditación, las puestas de Sol a lo largo de la línea de base entre las Estelas 12-10 se producen aproximadamente a la mitad del intervalo de tiempo (aunque no en dirección a lo largo del horizonte) entre el equinoccio y el paso del Sol por el cenit en Copán (Merrill, 1945). El ocaso de abril ocurre 21 días después del equinoccio de primavera y 19 días antes del primer paso del astro por el cenit, en tanto que el ocaso de septiembre se produce 19 días después del segundo paso por el cenit y 21 días antes del equinoccio de otoño. El diagrama de tiempo de la figura 90 muestra la división resultante del año trópico en Copán, por bloques convenientes de 20 días. Nótese la desigualdad de los intervalos entre los equinoccios de otoño y de primavera (180 días) y entre los equinoccios de primavera y de otoño (185 días), de los que ya hemos hablado en el capítulo III. Estos intervalos concuerdan sorprendentemente con el año trópico si en nuestro calendario hipotético utilizamos la línea de observación trazada entre las Estelas 12-10. Así, empezando el año con el segundo paso del Sol por el cenit, tenemos los intervalos siguientes:²²

Del segundo paso por el cenit al ocaso en la línea de base 12-10	1 uinal
Del ocaso en la línea de base 12-10 al equinoccio de otoño	1 uinal
Del equinoccio de otoño al equinoccio de primavera	9 uinales
Del equinoccio de primavera al ocaso en la línea de base 12-10	1 uinal
Del ocaso en la línea de base 12-10 al primer paso por el cenit	1 uinal
Del primero al segundo paso por el cenit	5 uinales + 5 kines
TOTAL	365 kines = 1 Haab

²² En su obra sobre orientaciones, Tichy (1976) también ha propuesto la interesante idea de que la medición angular puede haberse "cuantizado" en Mesoamérica, pues ciertos acimutes ocurren con mayor frecuencia que otros según las fechas especiales del año en que el Sol salía o se ponía en una dirección determinada. El autor considera significativos los múltiplos de un intervalo de 9° de acimut. En una tesis sobre las direcciones de los caminos mayas, M. Romanov (1973) ha medido la orientación de muchas de las calzadas sobreelevadas rectas (*sacheob*) que unen algunas ruinas mayas del norte de Yucatán. Romanov encuentra que sus orientaciones se agrupan alrededor de los puntos cardinales y a los múltiplos de 18° a partir de ellos. Esto último es el *cuantum* lógico previsible en la medición angular maya, dado que representa la vigésima parte del círculo.

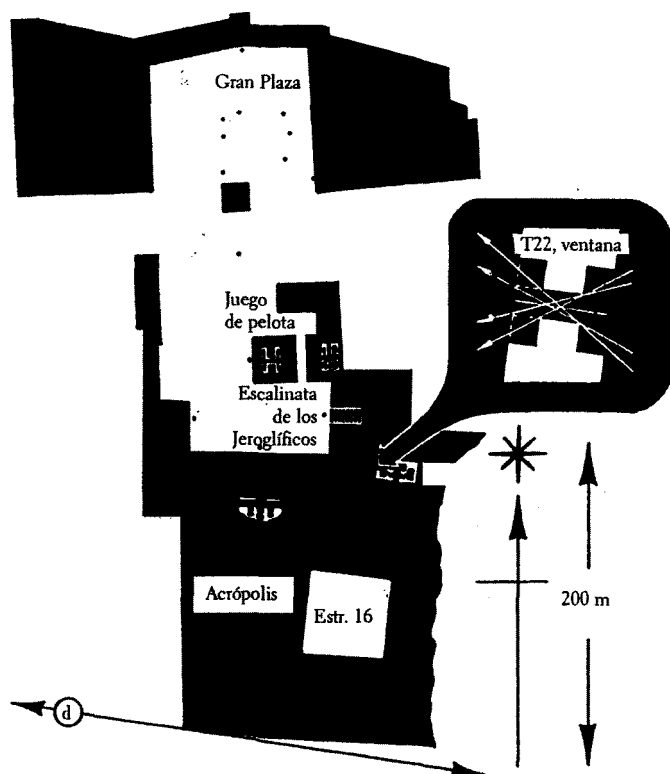


FIGURA 88. Plano de Copán donde se muestra la línea de base astronómica de larga distancia entre las Estelas 12 y 10 (abajo, flecha d), que bordea la base de la Estructura 16 en la Gran Acrópolis, principal edificio de Copán. También se muestra el Templo de Venus (Templo 22, ampliado), con su ventana y sus líneas de observación. Los puntos representan la ubicación de altares y estelas. (Diagrama de P. Dunham.)

Si las Estelas 10 y 12 sirvieron para señalar un punto específico en el calendario, ¿podrían entonces las inscripciones calendáricas grabadas en ellas aportar alguna información importante? Estilísticamente, las estelas de los alrededores de Copán difieren de los enormes monolitos esculpidos de la Gran Plaza. En tanto que éstos son sobre todo relieves figurativos, que posiblemente representen una sucesión de gobernantes, los monumentos de los flancos de las colinas sólo contienen fechas y manifestaciones jeroglíficas esculpidas en bajorrelieve. La Estela 10, el monumento del oeste, registra la fecha 9.10.19.13.0 3 Ahau 8 Yaxkín. Usando el método desarrollado en el apéndice B del capítulo iv, encontramos que esta fecha de la Cuenta Larga corres-

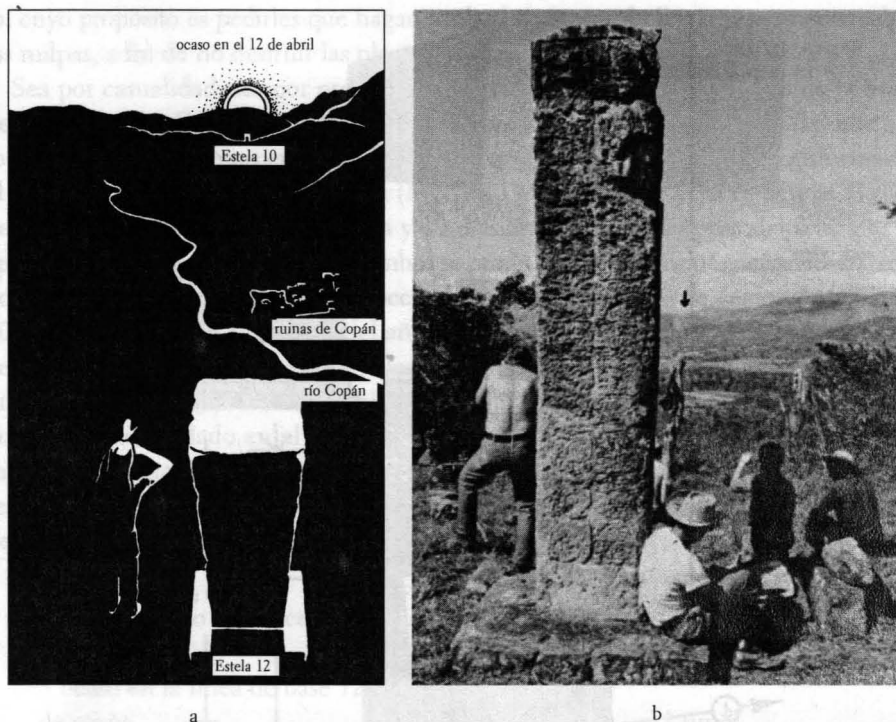


FIGURA 89. Línea de base astronómica entre las Estelas 12 y 10: a) vista ampliada del alineamiento sobre un plano del Valle de Copán; cerca de la línea de base queda el borde de un gran complejo de ruinas, que muestra el mismo alineamiento con una desviación de 3° (Diagrama de P. Dunham.); b) vista hacia el oeste desde la Estela labrada núm. 12 en dirección de la Estela 10 (flecha); las ruinas de Copán quedan en el valle intermedio.

ponde a la fecha cristiana del 3 de julio de 652 d.C. (GMT). Según cálculos astronómicos modernos, la edad de la Luna era de 22 días (23 de acuerdo con la estela) y el satélite había sido eclipsado parcialmente seis días antes. Por tanto, la estela da la primera fecha de Ahau consecutiva a un eclipse lunar, lo que puede ser significativo en la erección de la marca.²³

²³ También Júpiter y Marte estaban a 2° de la conjunción en esa fecha. D. H. Kelley (correspondencia privada) lee la serie inicial de la Estela 12 como 9.10.15.0.0, que representa 2 920 días (cinco ciclos de Venus) previos a la fecha 1 Ahau 13 Mac de la tabla de Venus del Códice de Dresde. Es sorprendente que a la luz de la síntesis entre la ideología política y la cosmovisión que surge de esos argumentos algunos investigadores insistan en pasar por alto o en recusar totalmente (Baudez, 1987) las hipótesis astronómicas rela-

Los arqueólogos William Sanders y David Webster (1988, p. 530) describen la Gran Plaza de Copán localizada al norte como un espacio suficientemente amplio para dar cabida a toda la población de la entidad en la celebración de ceremonias que imponían ideas religiosas con propaganda política (véase figura 55). Al sur queda la voluminosa estructura de la Acrópolis, punteada por los pequeños Patios Este y Oeste, en donde Schele y Miller (1986) sugieren que tenían lugar ceremonias de sangrado y de otros tipos para honrar a los gobernantes que vivían allí. Éstas eran parte de una gran revolución ideológica del siglo VIII atribuible a un solo gobernante poderoso que pensaba mucho en las estrellas. Linda Schele, quien ha estudiado las implicaciones astronómicas de varias de las fechas inscritas de Copán, asocia una primera aparición precrepuscular de Venus con la fecha de investidura de un rey llamado Nuevo-Sol-en-el-Horizonte o Yax Pac (Yax Pasah) en escritura fonética maya. Yax Pac es especialmente interesante porque, al parecer, reinó en una época de proliferación de grandes centros ceremoniales, acerca de los cuales se cree que señalaron el establecimiento del principio del *ahau*. Esta novedosa idea sostenía que el propio rey, dotado ahora de un nuevo título, era concebido sobrenaturalmente y derivaba su poder directamente de las deidades celestiales que eran consideradas antepasados suyos. Muchos arqueólogos y epigrafistas mayas encuentran plausible que verdaderamente estuviera ocurriendo una transformación ideológica, hecho que llevó a las ciudades-Estado mayas de su época de un sistema igualitario a otro sistema social más estrictamente jerárquico. Y todo ello ocurrió en la época en que la civilización maya produjo las elaboradas tablas astronómicas de los códices examinadas con anterioridad.

Terminado en la segunda mitad del siglo VIII, el templo de Yax Pac (Templo 11) es un mapa tridimensional virtual del imaginado cosmos maya que debe de haber causado admiración a los campesinos que iban allí a adorar a su gobernante. El lado sur tiene símbolos del inframundo, el norte los del más allá, en tanto que el mundo intermedio actual, que contenía el trono del rey, se hallaba entre uno y otro. Filosóficamente, el inframundo maya era un plano de existencia exótico a través del cual los gobernantes y adivinos sólo podían pasar estando en trance. Era un mundo real, con habitantes reales, aunque sobrenaturales, y cada noche, al ponerse el Sol, el inframundo daba un vuelco y se constituía en bóveda celeste. Pocos visitantes modernos comprenden que

tivas a las Estelas 10 y 12 con base en que, 1) en Copán hay otras estelas periféricas que no tienen cabida en la hipótesis astronómica, y 2) ya hay una explicación satisfactoria para las estelas periféricas, a saber que eran "fronteras políticas". Desechando la idea de que sea posible una explicación integral, Baudéz podría incluir a todos los monumentos periféricos en la hipótesis astronómica como condición para aceptar a este par de ellas en particular. Más recientemente, en una plática ofrecida en Dumbarton Oaks (7 de octubre de 2000), Fash ha sostenido que las estelas exteriores están vinculadas a las estaciones de la montaña sagrada en los circuitos rituales. Asimismo, este investigador señala que en ambas estelas aparece el mismo nombre de un gobernante que asocia su linaje con el Sol.

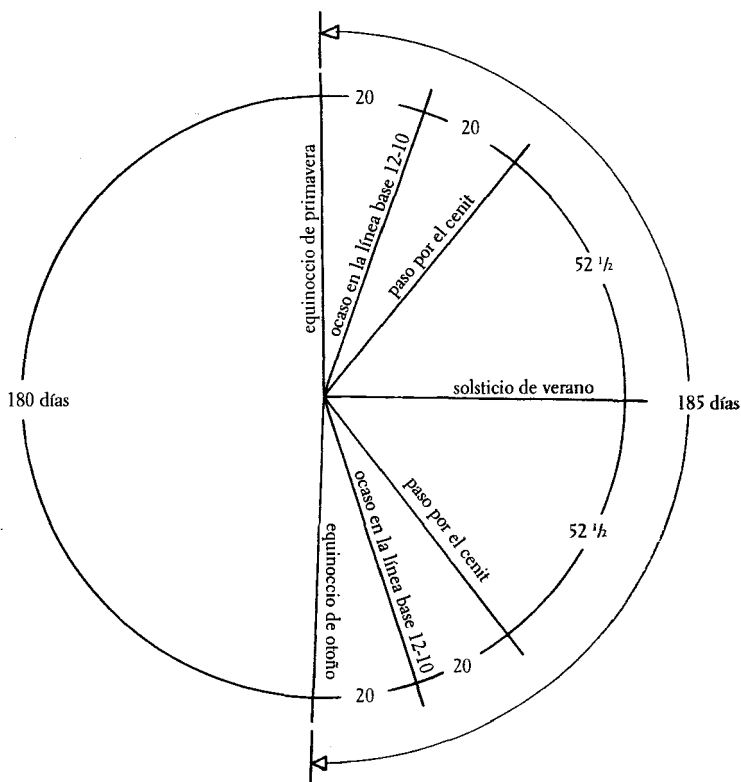


FIGURA 90. Diagrama del tiempo de Copán que muestra la segmentación hipotética del año en uinales, con base en las puestas de Sol observadas a lo largo de la línea de base entre las Estelas 12-10, los días de equinoccio, de solsticio y de paso del Sol por el cenit. Al parecer, Copán fue trazada y orientada deliberadamente para que reflejara los principios calendáricos mayas. (Diagrama de H. Hartung.)

cuando cruzan el portal norte del templo de Yax Pac en realidad están entrando en las entrañas del inframundo maya.

Schele cita otra fecha que alude al reinado de Yax Pac, acompañada de un glifo de Venus que reza: “Brilló, la Gran Estrella: el Señor Ahau”. Así está escrito en jeroglíficos a la entrada oriente de su templo. Los cálculos modernos demuestran que la fecha dada coincide con el momento real en que Venus se habría observado desde esa entrada.

Históricamente, la aparición de Venus a que se refiere la inscripción coincide no sólo con el propio ascenso al trono de Yax Pac sino asimismo con un hecho similar ocurrido

en la vida de su padre, cuyo nombre se traduce fonéticamente como Mono de Humo. Fue aquél un primer orto vespertino en vez de un orto matutino pero, como ambas apariciones de Venus habrían ocurrido el mismo día del año estacional, parece probable que Yax Pac (o su astuto astrónomo real) haya ideado una elegante simetría espacio-temporal celeste para reforzar su pretensión a la descendencia genealógica de su padre. El rey había declarado públicamente que el cielo se había comportado de la misma manera con uno y otro. En efecto, Yax Pac leyó en él que su futuro estaba escrito en las estrellas.

Yax Pac asociaba varios señalamientos históricos de las inscripciones de Copán que pertenecían a su reinado con los movimientos del planeta Venus, particularmente con su presencia como estrella vespertina. Su entronización, la conducción de la guerra, la dedicación de estelas y las obras arquitectónicas monumentales —prácticamente todo lo que realizó— están registrados bajo el signo de su planeta patrono. Por ejemplo, la fecha de dedicación del Gran Juego de Pelota de Copán, equivalente al 6 de enero de 738 d.C., marcó el punto de altitud máxima de Venus como estrella vespertina. Como verdadero astrólogo, Yax Pac manipuló la historia y guió su conducta y sus acciones por lo que veía en el cielo y lo hizo con profunda coherencia.²⁴

Para el joven Yax Pac, el ciclo de Venus era más que un periodo favorable y reconocible en el calendario del Estado, un dispositivo cronológico mediante el cual se podían prever las sequías o programar las ceremonias de coronación. Venus era parte de su razón de ser: una deidad celestial cuyo comportamiento cíclico reflejaba en miniatura los ciclos aún más largos de la creación, que constituían el tiempo maya. Ésa era otra manera imaginativa de expresar la filosofía de la repetición y la recurrencia que teje tantas cosas en la cosmología maya. Para el verdadero creyente, el planeta Venus era una vértebra en la espina dorsal de la estructura histórica maya.

Pero, ¿habrían los astrónomos mayas hecho asociaciones mitológicas entre Venus y la historia dinástica o los acaecimientos estacionales como la lluvia y la siembra del maíz de no haber tenido una razón para creer que los aspectos venusinos guardaban una relación demostrable y operativa con experiencias de la vida real? En este punto

²⁴ Según fue tradición en Copán, Schele fijó como objetivo usar fechas de Venus a modo de entretejer la historia y la astrología, a fin de remontarse a la fundación de la dinastía de Yax Pac a principios del siglo iv. Al menos las fechas de los monumentos de la fundación parecen concordar muy bien con puntos clave de la posición observada de Venus y especialmente con su punto más alto de aparición en el cielo. Más aún, muchas de las fechas y de los acaecimientos subsecuentes son idénticos a los que figuran en la tabla de Venus del *Códice de Dresde*. La fecha 9.15.15.12.16 5 Cib 9 Pop (= 9 de febrero de 747) grabada en la puerta este del Templo 11 va acompañada del señalamiento: “brilló, la Gran Estrella”. Un EFIRST real de Venus se produjo cinco días después (Aveni y Hotaling, 1994, p. S27.) Sobre la puerta oeste, la fecha 9.17.0.0.16 3 Cib 9 Pop (= 2 de febrero de 771) coincide con la primera aparición matutina de Venus después del eclipse. Estas cercanas coincidencias sugieren que los astrónomos mayas posiblemente registraban observaciones reales de esos fenómenos (Schele y Miller, 1986, p. 123; asimismo Schele, Notas de Copán 99-191, 108, Proyecto Acrópolis de Copán e Instituto Hondureño de Antropología e Historia).

entra en escena la astronomía de las observaciones. Como hemos visto en el capítulo III, los intervalos de desaparición de Venus ciertamente varían de una manera que depende muy críticamente del mes del año y del lugar del horizonte donde se observe el planeta. El abuelo de Yax Pac, 18 Conejo, evidentemente lo sabía, pues en el muro oeste de su palacio y santuario (Templo 22) construyó una larga ventana ranurada que serviría de auxiliar para señalar precisamente el momento en que Venus reapareciera en el cielo tras su última aparición en el oeste durante la temporada de lluvias (figuras 88 y 91).

Cuando nosotros (Closs, Aveni y Crowley, 1984) tomamos medidas del edificio, encontramos que Venus pasaba ante la ventana durante fines de abril y principios de mayo, mientras se dirigía a una de sus posiciones extremas de ocaso a lo largo del horizonte, o volvía de ellas, que se alcanzan a intervalos de ocho años (recuérdese el capítulo III, figura 39). Ahora bien, esto ocurre precisamente cuando las lluvias previstas suelen caer para alimentar los sembradíos, razón por la cual ése es uno de los periodos de actividad ritual más intensos del año estacional. Los arqueólogos Rudy Larios y William Fash (1994) han demostrado concluyentemente que los testimonios estratigráficos y epigráficos dejan abiertas la ventana y la línea de observación hacia el horizonte del Templo 22 (esto es, no bloqueadas por el contiguo Templo 22A) durante un periodo de alrededor de 80 años.

Por tanto, la ecuación Venus-lluvia posee una base funcional tanto en la astronomía como en el ciclo agrícola. Esta dualidad ayuda a explicar al mismo tiempo la orientación y el complejo simbolismo que aparece en el friso esculpido sobre la entrada del Templo 22. Entonces entendemos por qué, además de los glifos de Venus (los mismos de la tabla del planeta en el *Códice de Dresde*), encontramos los signos de agua en forma de S que adornan el cuerpo de la serpiente celestial de Venus, y descubrimos por qué un mascarón con cabeza de rana (la rana es un símbolo acuático) mira hacia la entrada desde uno y otro lado. También los llamados glifos de Cauac que los rodean pertenecen a la lluvia y las tormentas. El Chac de nariz colgante, dios maya de la lluvia, aparece en el edificio en forma de mascarones colocados en las esquinas de los muros y, alineadas en la parte superior del muro oeste, hay representaciones de la cabeza y el torso del dios joven del maíz (al que se equipara con el joven gobernante) alimentado por las lluvias de primavera. Como ya se ha dicho, los mayas lacandones contemporáneos llaman a Venus "Mensabak, el brillante destructor", el que gobierna las lluvias (Bruce, 1974). Todos esos símbolos vinculan perceptiblemente la fertilidad agrícola y el agua con Venus. La relación agua-Venus fue anunciada así en la antigua mitología maya cuando el planeta se constituyó en intermediario entre el Sol y el agua.

Aunque los cálculos modernos puedan reproducir con relativa certeza los acaecimientos celestiales que los mayas tal vez hayan reconocido cuando se desplegaban so-

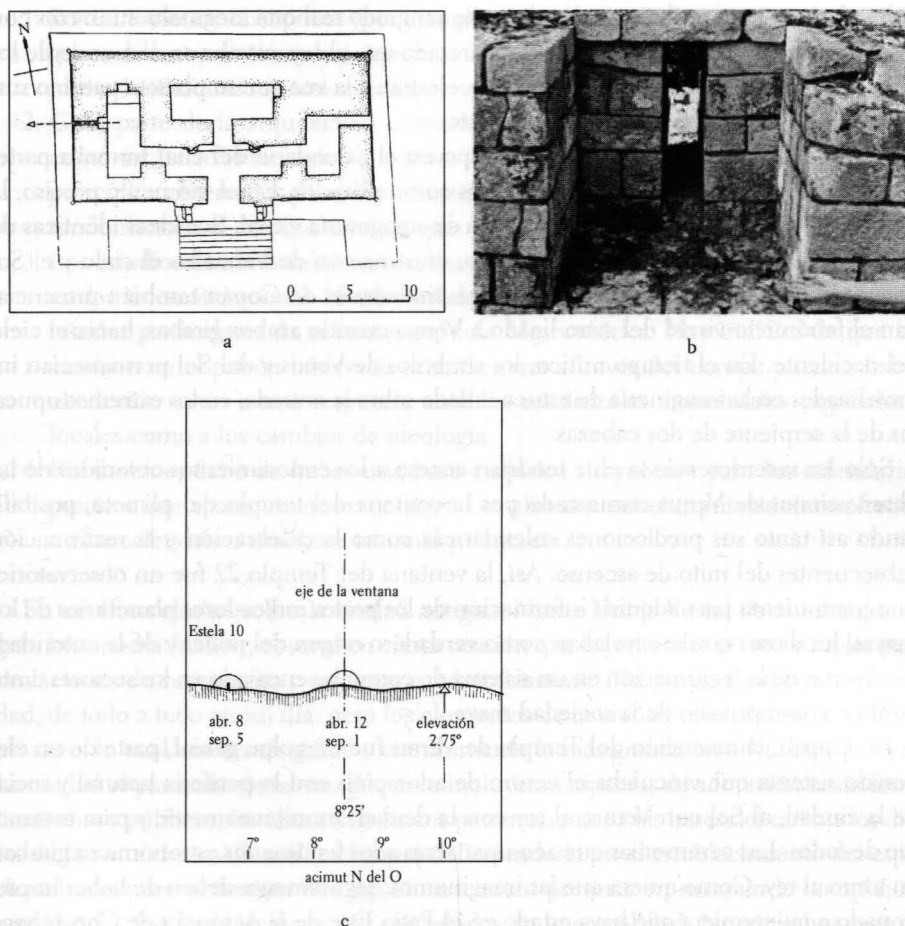


FIGURA 91. Templo 22, el Templo de Venus de Copán: a) plano del templo que muestra la estrecha ventana orientada hacia el horizonte occidental (diagrama de H. Hartung según Trik, 1939, p. 91); b) la ventana oeste del templo; c) vista del horizonte occidental por la ventana. (Diagrama de H. Hartung.)

bre el centro ceremonial de Copán, a nosotros sólo nos es posible especular acerca del modo en que la gente se comportaba realmente allí al aparecer Venus sobre un templo especial dedicado a un dios planetario. Tal vez 18 Conejo se sentaba en su trono con su texto glífico ante sí, alzado y enmarcado por el dragón celestial bicéfalo, en tanto que su juvenil reinado se celebraba y simbolizaba en el hecho de que se le comparara con la primera fase del crecimiento de la caña de maíz. A los observadores apos-

tados abajo, mientras él ejecutaba el rito de sangrado real que aseguraba sus nexos con los dioses ancestrales, debe de haberles parecido que el rey entraba en el mundo de los vivos por las fauces de la divina serpiente celestial, a la vez que su planeta patrono surgía a la vista sobre el Sol extinto en el oeste.

Como el cuidadoso cómputo del tiempo en el calendario del cual formaba parte, la ceremonia tenía aspectos tanto públicos como privados. En el momento preciso, la mirada del público encontraría dos clases de imagería visual, dos ideas idénticas de la realidad. Su rey se sentaba en su trono, encarnación de Venus en el cielo y el Sol apenas hundido tras el horizonte. Pero los ciudadanos de Copán también presenciaban el fenómeno visual del astro ligado a Venus cuando ambos giraban hacia el cielo del occidente. En el tiempo mítico, los símbolos de Venus y del Sol permanecían inmovilizados en la imagería de estuco tallada sobre la entrada, en los extremos opuestos de la serpiente de dos cabezas.

Sólo los sacerdotes de la elite tendrían acceso a los conocimientos obtenidos de las observaciones de Venus enmarcado por la ventana del templo del planeta, posibilitando así tanto sus predicciones calendáricas como la celebración y la reafirmación subsecuentes del mito de ascenso. Así, la ventana del Templo 22 fue un observatorio, una herramienta para adquirir información de los postes indicadores planetarios de los mayas, los dioses que se revelaban como verdadero origen del poder y de la autoridad, los agentes de la legitimación en un sistema de creencias encajado en los sectores tanto público como privado de la sociedad maya.

En Copán, la invención del Templo de Venus fue un golpe genial, parte de un elaborado sistema que vinculaba el centro de adoración con la periferia natural y social de la ciudad, al Sol con Venus, al rey con la deidad, simultáneamente y para testimonio de todos. Las ceremonias que acompañaban a los fenómenos astronómicos giraban en torno al rey. Como quiera que las imaginemos, seguramente deben de haber impresionado a quienquiera que haya estado en el Patio Este de la Acrópolis de Copán hace más de mil años.²⁵

Recapitulación: la astronomía y el paisaje urbano

En resumen, existen cuando menos cuatro razones para creer que la astronomía se cuenta entre los factores que influyeron en la planeación urbana en Mesoamérica:

²⁵ En la periferia de Copán, una banca o trono hallado en una residencia de la elite subordinada al rey (Grupo 8N-11) también muestra un texto astronómico, que es un testimonio más de la existencia en Copán de un culto a Venus en el siglo VIII. H. y V. Bricker (1999) han demostrado que las referencias a la Luna y a Venus a lo largo de la banda concuerdan con un eclipse lunar y las estaciones sinódicas de Venus (MFIRST y MLAST), que fueron sincronizadas con el Haab en 784-785 d.C. Esas fechas caen dentro del margen de fechas arqueológicas dadas para la estructura. Es más, los Bricker encuentran que la orientación del edificio que alberga el texto se dirige hacia la puesta del Sol los días en que el astro pasa por el cenit.

1. Por los textos etnohistóricos (por ejemplo, Motolinía, 1903) y los códices (las imágenes de las varas cruzadas), tenemos indicios que sugieren la existencia de templos orientados astronómicamente.
2. Gran parte de la arquitectura ceremonial mesoamericana se puede interpretar como un “texto” ideológico que pone de manifiesto en la obra de los pueblos los principios observados de orden cósmico y ancestral a los que respondían ejecutando ritos en el entorno exterior que rodeaba sus templos.
3. Los estudios de alineamientos revelan un difundido patrón de orientaciones desviadas sistemáticamente. Hemos señalado la limitación de alineamientos a magnitudes particulares de acimutes en toda Mesoamérica. Hay indicios de que los cambios en el patrón básico de orientaciones a través del tiempo pueden haber obedecido tanto a una respuesta ante las condiciones ambientales tropicales y locales como a los cambios de ideología.
4. Finalmente, debe de haber una base empírica subyacente para los calendarios precisos que aparecen en los códices. Los alineamientos arquitectónicos ofrecen a esos calendarios una base racional y concreta.

En un libro clásico sobre la ciudad antigua, Numa Denis Fustel de Coulanges, el gran historiador francés, observó en cierta ocasión que las ciudades no son simples acumulaciones de residencias y estructuras administrativas. “Al punto fundaron una ciudad, de todo a todo en un día, pero los elementos de la ciudad necesitaban estar listos primero, lo cual era la más difícil y comúnmente la más grande labor” (1864, p. 134). La ciudad se planeaba de tal modo que se incluyeran aspectos de adoración tanto familiares como públicos, los elementos físicos pertenecientes a las bases del culto a los dioses de la naturaleza. Allí radica el papel del calendario en el establecimiento del espacio urbano, pues el tiempo y el espacio necesitan preverse en un mundo complejo y organizado. Sus observaciones aún son válidas en la actualidad. Nuestros horarios de ahorro de luz del día y días libres dominicales son los paralelismos modernos de estructuras temporales albergadas antaño en la propia estructura del entorno construido. Cuando los pueblos se mezclan y se asientan, deben coordinar sus planes.

Por ejemplo, los etruscos pasaron por muchas dificultades para alinear sus ciudades de acuerdo con los deseos de sus dioses. Varrón, el historiador romano, nos dice que antes de establecer una ciudad se necesita construir el *templum* terrenal (de ahí nuestra palabra “templo”). Primero aparecería en escena un augur (aquel que adivina mediante la observación del curso de las aves en vuelo). Ese augur determinaría los lindes sagrados aproximados del *templum* por “la vista y el significado”. Luego llegaría el ingeniero a dar refinamiento y precisión a la adivinación del augur. Primeramente dibujaría un círculo en tierra, luego pondría un gnomon en el centro, marcando en donde

entraba la sombra en el círculo y luego salía de él y, tendiendo una línea entre ambos puntos, trazaría el eje principal o eje este-oeste de la ciudad (lo que nos recuerda el poema de Wordsworth escogido como epígrafe de este capítulo). Dos bueyes, uno negro y otro blanco, ararían surcos rituales —uno en el sentido de las manecillas del reloj, otro en el sentido opuesto— a fin de circunscribir el paisaje urbano. Para fundar ciudades o colonias nuevas, los *gromatici* romanos ulteriores mantuvieron la antigua práctica etrusca en la orientación de las ciudades. Usaron al Sol como referencia para trazar las *decumani* o calles este-oeste y al eje celestial para alinear las *cardines* o calles norte-sur. Los antiguos mesoamericanos, que dedicaron no menos atención al problema de la orientación, también aplicaron principios astronómicos, aunque, como hemos de ver, sus reglas para orientar los edificios incluían otros intereses.

En un sentido material, la ubicación urbana debe explicarse por referencia al gasto de energía disponible de una sociedad. En el caso de Mesoamérica, una sociedad de baja energía carente de la rueda y de herramientas metálicas, es necesario saber hasta dónde eran suficientes los alimentos y los objetos producidos y cómo se transportaban a la población. El problema de la baja energía desempeña un papel importante en la clasificación en regios y rituales que hacen Sanders y Webster (1988, p. 541) de los principales centros de población mesoamericanos; esto es, dependientes en gran medida de la función ideológica para su existencia. Mas, ¿cómo se propaga la ideología? La arqueóloga Rosemary Sharp cree que la añadidura de información astronómico-calendárica en la arquitectura maya es “comunicación interelite”, “una forma de comunicación que une a gente de otro modo separada por barreras sociales, económicas y políticas” (1978, p. 169). Originada en el nivel de la elite, la información se “reelabora” y se transfiere a los niveles inferiores de la sociedad y sirve para definir un estilo que une en el nivel emocional a gente de antecedentes y capacidades sumamente divergentes. (Un ejemplo conocido es el *estilo internacional* de pintura que surgió a fines del siglo xiv y recorrió Europa.) En Yucatán, el conocimiento esotérico abstracto de la nobleza expresado en el *Código de Dresde* se pudo compartir con el plebeyo mediante los calendarios rudimentarios cuya existencia y operación se plasmaron en la orientación y la decoración de la arquitectura monumental. El deseo de la nobleza de compartir su conocimiento con las masas puede haber producido el cambio de una base sagrada a una base secular de la sociedad, cambio que se considera iniciado en algún momento del Periodo Clásico Tardío, precisamente por la época en que floreció el calendario de orientaciones Puuc.

Se clasifiquen o no el ritual y el simbolismo como construcciones motivadas políticamente, el tipo de despliegue ceremonial que hemos venido considerando parece sumamente estructurado y llamativamente exhibido, incluso más elaborado de lo necesario en esas sociedades. Los ejes cósmicos de Tenochtitlan, Copán y Cuzco (como

hemos de ver luego en este capítulo) constituyen un elemento tangible que demuestre la fuerza de cohesión de la ideología religiosa de las sociedades con nivel de Estado. Analizarlas nos acerca más a la comprensión de las elaboradas ceremonias calendáricas que unen el centro con la periferia, como las que honran en Tenochtitlan el pago de la deuda con Tláloc en el mes de Atlcahualo o las que reafirman la naturaleza divina de la realeza con base en la llegada periódica de Venus a Copán. Pero antes de poder establecer esas ceremonias, los observadores atentos de la naturaleza necesitaban afrontar los problemas de la predicción. Para que las Pléyades hayan servido de mecanismo cronológico en el establecimiento de una rueda calendárica, ese grupo de estrellas tendría que haberse observado repetidamente en el pasado y sus cambios de posición con el transcurso del tiempo registrados meticulosamente. Es probable que ese conocimiento se haya transmitido —en parte sin cambio, en parte transformado— como en el Viejo Mundo. No debería sorprendernos encontrar hilos comunes en el orden calendárico-astronómico evidente en las ciudades mesoamericanas como Teotihuacan y Tenochtitlan, tan separadas cronológicamente pero vinculadas por la tradición. Saber de cosas del espacio y del tiempo —llamémosle de “administración celeste” — habría sido una valiosa estrategia de supervivencia en cualquier Estado triunfador.

La interacción del centro y la periferia en la construcción del espacio urbano con frecuencia implica principios astronómicos. En las ciudades que hemos examinado, encontramos dos tipos de orientaciones: primero, están las del espacio ceremonial del centro; y, segundo, las vinculadas a estructuras de características naturales en el horizonte visible. Estas dos clases de orientaciones se vinculan entre sí. Hablando en términos calendáricos, la estructura temporal que forja el vínculo suele ser la parte de la temporada anual de secas que precede inmediatamente a la temporada de lluvias. En el caso del Templo Mayor, el Tlalocan, el supuesto lugar de origen del agua, se vincula directamente con el esquema de observaciones de una manera insistente y fortalecedora. Es claro que un edificio igual habría servido para fijar una fecha específica; pero hay dos, uno en cada extremo de una línea de base de 44 kilómetros de largo. En Copán, la creación de un esquema de orientación calendárica basado en las observaciones del Sol en el horizonte que armoniza perfectamente con sucesos clave del ciclo agrícola no puede sino calificarse de ingenioso. La fijación temporal de las observaciones solares a 20 días (o un mes mesoamericano) de distancia del equinoccio (en Tenochtitlan) o del paso del Sol por el cenit (en Copán) habría impresionado a la persona común tanto como nos impresionan los pronunciamientos de un Einstein o un Newton, dos dioses de la ciencia moderna. Y el calendario de Cuzco, que funde los planos cósmicos vertical y horizontal (véase adelante), no podría haberse empleado sino en el entorno local de esa ciudad. En cualquier otra parte, la programación temporal sería descartada por la latitud, el clima o la altitud. De los

CUADRO 27. *Un modelo del centro a la periferia de la ciudad que incorpora la astronomía y el calendario*

<i>Arreglo formal</i>		<i>Centro</i>		<i>Periferia</i>	
<i>Sitio</i>	<i>Alineación arquitectónica</i>	<i>Fenómeno astronómico asociado</i>	<i>Alineamiento arquitectónico</i>	<i>Fenómeno astronómico asociado</i>	
Copán (pp.250-259)	Templo 22, con una ventana orientada al oeste.	Venus en el horizonte a fines de abril y principios de mayo. Año que precede una gran detención.	Estelas 10-12 (línea de base de 7 km)	Ocaso el 12 de abril o 20 días antes del paso por el cenit.	
Cuzco (pp.308-321)	Ushnu a las columnas de C. Picchu (de línea de base de 2 km), muros de Coricancha	Ocaso en el antice-nit. Solsticio y orto heliaco de las Pléyades.	De C. Picchu al cerro de arriba de Quispicanchis (línea de base de 26 km).	Orto en cenit, ocaso en el antice-nit.	
Teotihuacan (pp.235-244)	Templo Mayor	Orto en el equinoccio.	Templo Mayor al horizonte, incluso el templo de Tláloc y Tepetzinco (línea de base 44 km)	Orto en equinoccio ± 20 días.	

muchos dispositivos con vinculaciones calendárico-ambientales que pudieran descubrirse, los incas parecen haber logrado uno que funcionaba especialmente bien (cuadro 27).

El historiador de la religión David Carrasco percibe las ciudades ceremoniales de Mesoamérica como *imago mundis* o “imágenes cristalizadas de instituciones sociales, ecológicas y políticas que constituían la ciudad-Estado” (1989, p. 9). Esas ciudades funcionaban como espacios efectivos en donde las elites del centro interactuaban con un “‘complejo ecológico’ resultante en el dominio y uso de la población, la explotación del entorno, los avances tecnológicos y los desarrollos de la estructura social”. Las ciudades eran lugares de reunión quintaesenciales de lo natural y lo sobrenatural garantizados por las manifestaciones de las hierofanías cósmicas que ocurrían en ellas.

CUADRO 27. (Concluye)

<i>Comentarios</i>			
<i>Principio social</i>	<i>Principio ecológico</i>	<i>Resultado del ritual</i>	<i>Iconografía asociada</i>
Las diferencias sociales son el orden natural de las cosas. El antepasado-gobernante se relaciona directamente con los fenómenos celestiales.	Fertilidad: coincidencia de la lluvia y el maíz vía el complejo Venus-maíz-lluvia.	Se asegura una buena cosecha de maíz.	Serpiente bicéfala, icono del maíz tierno; la plebe ligada al gobernante.
Es importante pagar tributo a los antepasados que viven en la Tierra y de los cuales se hereda la tierra y el agua por derecho divino.	Fertilidad de Pachamama. La tierra se abre; agua e irrigación.	Siembras a diferentes alturas, reguladas por el despazamiento horizontal del sol.	Formas arquitectónicas del Ushnu y del Sunturhuasi.
La organización de los aztecas como pueblo y su dominación de pueblos tributarios en la periferia del Lago de Texcoco depende de una representación celestial del mito de fundación.	Origen de la lluvia; fertilidad. Brota el maíz. El maíz y la lluvia se vinculan al sacrificio de niños.	Asegurar la caída de las lluvias.	Simbolismo de Tláloc, Huitzilopochtli.

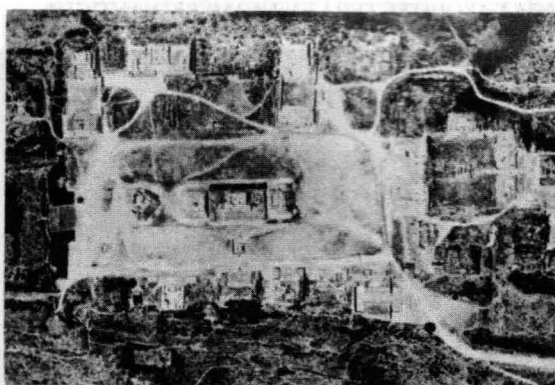
CONJUNTOS ARQUITECTÓNICOS ESPECIALIZADOS

El Edificio J de Monte Albán

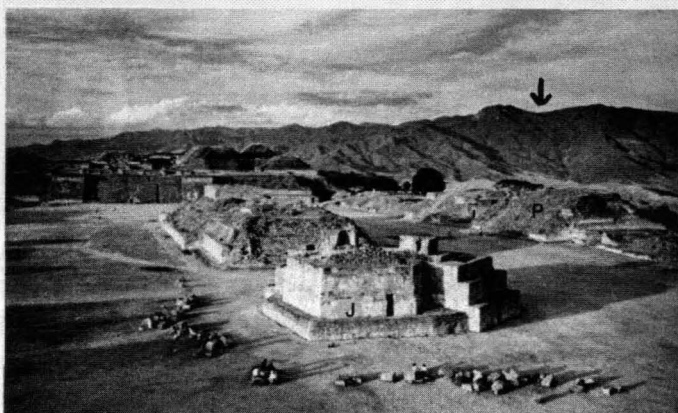
Habiendo analizado ciertas peculiaridades de la planeación en gran escala de algunos centros ceremoniales mesoamericanos, volvemos nuestra atención a un examen de edificios particulares que poseen una forma peculiar o una orientación relativa a otras construcciones en un sitio arqueológico determinado. Tales estructuras despiertan al punto nuestras sospechas. ¿Puede un muro o una puerta haberse cambiado deliberadamente de lugar para servir de puesto de observación a fin de registrar algún acaecimiento celeste especial?

Una de las construcciones de forma más curiosa en Mesoamérica es el Edificio J de Monte Albán, centro ceremonial zapoteco construido en una cima montañosa nivelada artificialmente que domina el Valle de Oaxaca, a 500 kilómetros al sureste de la ciudad de México. Este inusitado edificio destaca claramente tanto en una fotografía aérea del sitio como viéndola desde el nivel del suelo (figura 92a). Cuando todos los edificios construidos dentro de la plaza de un kilómetro de largo o en torno a ella se orientan de 4° a 8° al este del norte, el Edificio J parece conspicuamente desalineado, alrededor de 45° respecto de las demás construcciones. Alfonso Caso (1935), arqueólogo mexicano que dirigió las excavaciones arqueológicas en Monte Albán de 1931 a 1943, notó al punto la curiosa disposición del edificio, señalando que, en tanto que la mayoría de las demás construcciones del sitio tenían ejes orientados cardinalmente, el Edificio J presentaba una escalinata de frente al noreste. Caso señaló también que su plano no concordaba con la forma rectangular de las demás estructuras. Desde arriba (figuras 92a y 96), la forma del Edificio J se asemeja a la del “plato” de un diamante de béisbol. El plano del edificio revela que en realidad no hay dos lados ni dos ángulos iguales. Una prominente entrada abierta, visible en las figuras 92a y b, adorna lo alto de la estructura, construida sobre un edificio anterior, de orientación ligeramente distinta. (A decir verdad, los arqueólogos asocian el Edificio J cuando menos con tres periodos de construcción, el primero de los cuales empieza en 250 a.C.)

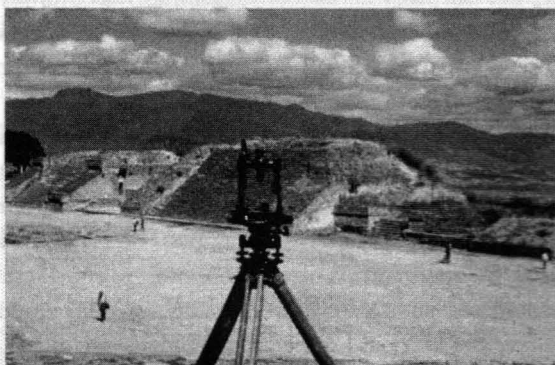
Caso ha sugerido que un túnel cavado atrás (al suroeste) del edificio se pudo haber usado para hacer observaciones astronómicas; de ese modo surgió la denominación popular de la estructura como “observatorio de Monte Albán”. En realidad, a causa de su forma en zigzag, la cámara de Caso no permite una clara visión del cielo y mucho menos de parte alguna del horizonte. En la figura 92a, el ángulo suroeste del Edificio J localizado en primer plano atrae inmediatamente la atención del observador. El edificio “apunta” hacia un lugar distante en el horizonte suroccidental (véase el alineamiento 3, figura 96). ¿Qué sucedía en aquel acimut particular en el año de 250 a.C., cuando los zapotecos construyeron su ciudad? La respuesta se puede encontrar en el artificial entorno de un planetario. Ajustando el cielo a 17°03' de latitud norte y a 250 a.C. de nuestro tiempo, obtenemos la vista del cielo de occidente que se muestra en la figura 93. Es exactamente tal y como la habrían tenido los devotos de Monte Albán. Las brillantes estrellas de la Cruz del Sur (numeradas 3, 4 y 5) y la estrella más débil sin numerar situada abajo de 5, seguidas por las dos estrellas de primera magnitud Alfa y Beta de Centauro (1 y 2), se ocultan tras el horizonte occidental, en la dirección aproximada en que apunta el Edificio J (flecha abajo del diagrama), como podemos ver por los rastros estelares artificiales de la fotografía. Ahora bien, las cinco estrellas numeradas se encuentran entre las 25 más brillantes del firmamento y todas ellas se ponen dentro de un espacio de 3° en la dirección indicada por la flecha. ¿Es mera



a



b



c

FIGURA 92. Monte Albán: a) la forma y orientación singulares del Edificio J se muestran en esta toma aérea (cortesía de la Compañía Mexicana Aerofoto, S. A.); b) vista a nivel del suelo desde el suroeste con el punto de salida de Capela en la distancia (flecha); c) el teodolito apunta al Edificio P (en primer plano) y al punto en que sale Capela.

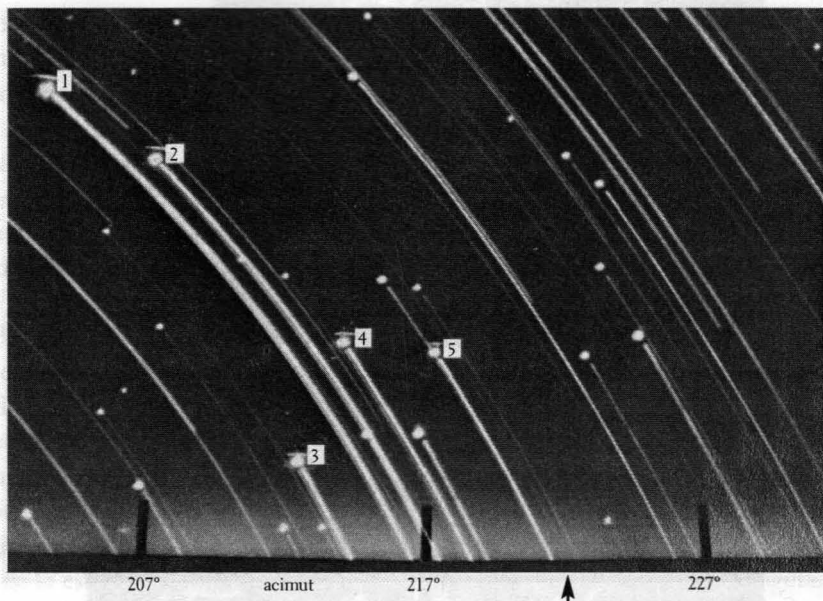


FIGURA 93. Modo en que se habría visto el cielo de occidente desde el Edificio J en 250 a.C. La flecha marca la intersección del horizonte local por la extensión del eje del edificio.

coincidencia que la Cruz del Sur, una de las constelaciones más prominentes en el cielo, se pusiera tan cerca de la punta de la flecha precisamente en la época de construcción correcta? (La posición de ocaso de la Cruz y sus vecinas se ha desplazado 15° hacia el sur en los dos milenios posteriores a la construcción del edificio.) El testimonio etnográfico citado en el capítulo II sugiere que la Cruz del Sur tenía importancia considerable en Mesoamérica. Los aztecas la veneraban como “un pájaro galano, con un hueso atravesado”, y Diego Durán nos dice que su aparición y desaparición en distintas épocas del año se empleaban para determinar algunas de las festividades de los aztecas (1971, pp. 418-419). Su aparición en ciertas ocasiones se consideraba señal de que había llegado el momento de pedir a los dioses buenas cosechas e hijos sanos.

Los dibujos en bajorrelieve del Edificio J sugieren decididamente que la edificación tenía una función astronómica. En sus paredes se muestra con claridad el símbolo de las varas cruzadas, junto a un dibujo en bajorrelieve de otro dispositivo de observación (figura 94). Aunque hoy se sabe que esos dibujos eran parte de los nombres de las ciudades conquistadas por Monte Albán, los símbolos que los constituyen también pueden consistir en parte de la representación de dispositivos de observación astronómica

mostrados en los códices y analizados en el capítulo II.²⁶ ¿Podríamos considerar que esa iconografía sugiere que el *frente* del edificio fue sesgado *deliberadamente* con el fin de situarlo ante algún fenómeno astronómico particular en el horizonte nororiental? Una simple medición da indicios al respecto. Se ha encontrado que una línea que corre hacia el noreste, a lo largo de una perpendicular trazada desde la entrada del edificio, pasa por una abertura practicada en la escalinata del Edificio P, una gran estructura localizada en el lado oriente de la plaza abierta. La abertura es visible como un pequeño punto negro en la fotografía aérea de la figura 92a (véase también la figura 96). Descendiendo a una cámara oscura que hay debajo de la escalinata del Edificio P, se retrocede unos metros hasta una banca situada bajo un diminuto orificio que atraviesa verticalmente la escalinata. Ese orificio permite una vista del cenit con una amplitud de 2°. La cámara pudo haber servido de observatorio concebido especialmente para mirar a las Pléyades que cruzaban por el cenit de Monte Albán precisamente en aquella época, o quizás la imagen del Sol, que se proyectaría en la base del orificio al mediodía de las fechas en que el astro pasaba por el cenit en el valle de Oaxaca (el 2 de mayo y el 10 de agosto). La fotografía de la figura 95b muestra el fenómeno que realmente tiene lugar el 10 de agosto de 1976, cuando el Sol aún acude a su cita. La figura 95c muestra la geometría de otro tubo de observación cenital, uno de los dos construidos en la cueva de “Los Amates”, en Xochicalco.²⁷

Ahora bien, la idea de una observación del Sol al mediodía (ventajosa en el trópico) mediante el paso de la luz por un orificio, en oposición a la del Viejo Mundo (a altas latitudes) de una sombra proyectada por un gnomon, no carece de precedentes en el registro etnográfico de los pueblos americanos nativos. Por ejemplo, Elsie Clews Parsons nos dice que el sacerdote zuñi ejecuta un rito en que atrae el Sol hacia abajo observando su luz por una abertura del techo de su choza:

En el techo de la sala ceremonial hay un orificio por el cual se filtra el Sol de mediodía hasta un lugar del piso cerca de donde el jefe está de pie en este momento. Frente al jefe están sus asistentes, después la fila de los demás hombres presentes y luego la fila de las mujeres presentes. Todos se vuelven de cara al este, cantando para llamar al Sol. Esto se repite en el sen-

²⁶ John Justeson (comunicación personal, 1998) ha explorado las fechas de las inscripciones del edificio, que él considera vinculadas al desplazamiento de Venus, aportando así otro posible ejemplo del simbolismo de estrella y guerra en Mesoamérica.

²⁷ Si estos dispositivos fueron tubos cenitales, no pueden haber sido instrumentos precisos destinados a marcar el paso del Sol en las alturas un mismo día. El tubo cenital de Monte Albán admite cierta luz directa del Sol entre el 22 de abril y el 3 de junio, cuando el astro se desplaza hacia el norte, y nuevamente entre el 10 de julio y el 21 de agosto, cuando el Sol regresa al sur. El tubo cenital de Xochicalco funciona del 30 de abril hasta el 15 de agosto, pasando por el solsticio de junio. Ese intervalo (107 días) se acerca lo suficiente a la división del año en 105-260 días para que nos preguntemos si ese arreglo pudo haber sido deliberado (véase Aveni y Hartung, 1981).



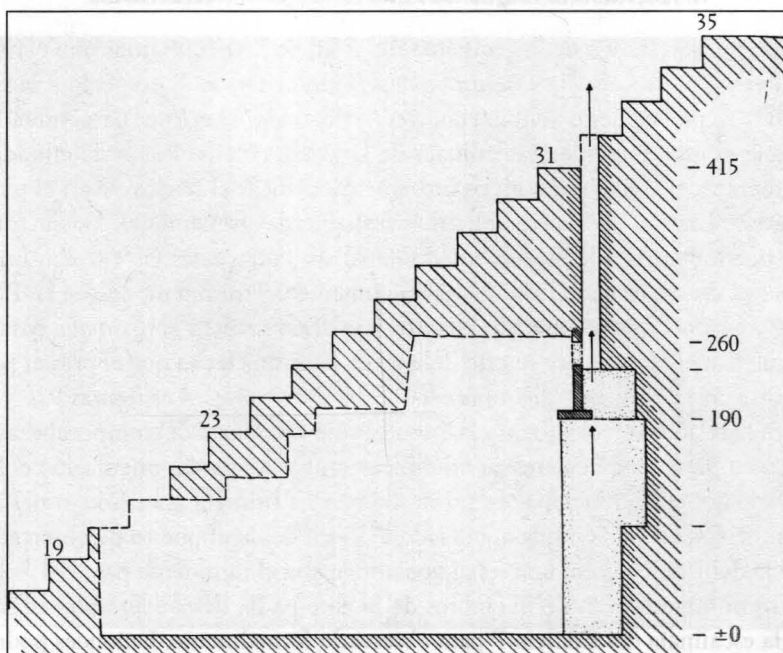
FIGURA 94. *Las varas cruzadas, posible símbolo astronómico dibujado en las paredes del Edificio J.*

tido contrario al curso del Sol y cada cual, antes de cada canto, rocía comida de la canasta o polen hacia el orificio del techo que ha recibido del ayudante principal. Todos vuelven a su sitio, salvo el jefe, quien hace movimientos de atracción desde todas direcciones de las madres del maíz, arroja polen hacia el orificio del techo y señala arriba con su cuchillo de piedra. Todos entonan el canto para “bajar el Sol”, mientras el jefe hace ademanes de atraer algo hacia sí. Ahora el Sol cae sobre el espacio del piso bañado de luz solar. Es un objeto redondo, blanco como el algodón, que se abre y se cierra, al que, mientras todos cantan, el jefe sujeta las plumas de orar. Todos están de pie y arrojan polen hacia el objeto del Sol. El jefe hace ondular el objeto solar, que brilla con tal resplandor que es difícil mirarlo. (La habitación se ha oscurecido al cerrar las ventanas.) Todos soplan en sus puños cerrados. A medida que el jefe hace ondular el astro por encima de su cabeza, el Sol retrocede por el orificio del techo. Es mediodía y el Sol permanece inmóvil por un instante. Sabiendo qué trabajo se realiza en ese momento (en las casas ceremoniales), la gente de todo el poblado se recoge en sus habitaciones o se queda en ellas para pedir al Sol que ayude [1932, p. 292].

También se ha encontrado que los orificios practicados en el muro occidental del antiguo templo de adobe de Casa Grande, Arizona, se alinean exactamente con el Sol en los solsticios y los equinoccios (Evans y Hillman, 1979).

Tras un nuevo examen de la geometría del Edificio J, encontramos otra clave sobre la orientación. La escalinata exterior se desvía alrededor de 4° respecto a la entrada (figura 69). Al parecer, esto también pudo ser deliberado. Una línea perpendicular, trazada hacia el noreste desde la escalinata de J, pasa exactamente por la entrada de la parte superior del Edificio P y luego prosigue hasta tocar el horizonte en el punto en que aparece Capela, la sexta estrella más brillante del firmamento. Hacia 250 a.C., Capela puede haberse destacado en Monte Albán entre todas las estrellas brillantes dado que se vinculaba con el año solar precisamente del mismo modo que las Pléyades en Teotihuacan. Podemos usar los cuadros 3 y 10 de manera aproximada para determinar que Capela pasaba por su orto heliaco en la misma fecha que el primer paso del Sol por el cenit de Monte Albán (alrededor del 2 de mayo). Las figuras 92b y c y 96 muestran la relación en el paisaje y la arquitectura. Las piezas del rompecabezas arquitectónico empiezan ahora a encajar armónicamente. La singular orientación del frente del edificio era tanto funcional como simbólica. La primera aparición anual precrepuscular de Capela, la “estrella anunciadora”, vista desde el puesto de observación de la entrada del Edificio J era una señal que anticipaba el inminente paso del Sol por el cenit. Un número selecto de miembros de la elite podía descender entonces al interior de la escalinata del Edificio P para observarlo formalmente. Entonces podía celebrarse el ritual que acompañaba aquellos fenómenos. Evidentemente, los acaecimientos cósmicos eran tan importantes para ellos, que los gobernantes de Monte Albán sintieron necesidad de dotar a su reino terrestre de símbolos de una permanente presencia celeste.

Después de nuestro estudio del Edificio J (Aveni y Linsley, 1972), Peeler y Winter (1995) han medido la estructura y aplicado fechas de carbono radiactivo más recientes que asignan al Edificio J una procedencia anterior a nuestra fecha de 250 a.C. Sin embargo, su estudio apoya más nuestra conclusión acerca de Capela y del Sol en el cenit, aunque los investigadores dejen de considerar el alineamiento de las cinco estrellas. En fechas aún más recientes, las excavaciones del Edificio J (Javier Urcid, comunicación personal, 28 de julio de 1999) han añadido un nuevo interés al problema de su orientación. Evidentemente hubo tres fases constructivas, la más reciente de las cuales es 500-700 d.C., que representa la fase en que hicimos nuestras mediciones originales. La posición de salida de Capela durante esta época se habría desviado 3° al norte de nuestro cálculo original, lo que da por resultado un ajuste menos preciso con la perpendicular de la fachada noreste del edificio (la fecha del orto heliaco también se desplazó 10 días en el tiempo, errando por varios días la fecha de paso del Sol por el cenit). Pero hay ciertos indicios (aún por establecer mediante mediciones precisas) de que, con el transcurso del tiempo, las tres estructuras superpuestas experimentaron un leve sesgo de orientación en el sentido opuesto a las manecillas del reloj. Esto con-

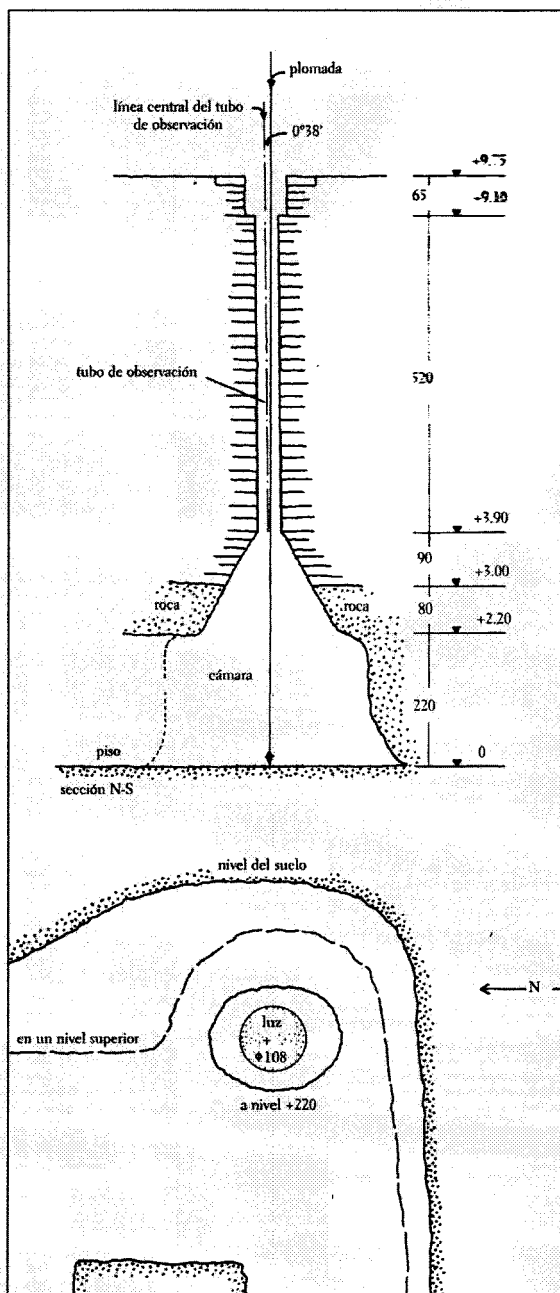


a



b

FIGURA 95. a) Diagrama esquemático del tubo de observación del cenit construido en el Edificio P (diagrama de H. Hartung); b) el Sol en el cenit proyecta aún sus rayos por el tubo vertical construido dentro de la escalinata (fotografía de H. Hartung); c) geometría de un tubo semejante en Xochicalco (diagrama de H. Hartung). Las escalas se dan en centímetros.



cuerda con la desviación en ese sentido que tuvo la posición de salida de Capela al correr del tiempo, lo que puede resultar en un mejor ajuste entre la orientación del Edificio J y la posición de Capela en el horizonte una vez hechas las nuevas mediciones en el edificio.

A 50 kilómetros al este de Monte Albán, en la parte más alta de una pequeña meseta, se levantan las ruinas de Caballito Blanco y un edificio con la misma curiosa forma de cuña del Edificio J. Las mediciones han revelado que el Edificio O, construido alrededor de la misma época que el J, tiene aproximadamente la misma orientación respecto de las estructuras vecinas de Caballito Blanco que el Edificio J respecto de las construcciones de Monte Albán, aunque las orientaciones absolutas de los dos edificios difieran por 30°. Un plano de ese sitio arqueológico menor, mostrado en la figura 97, revela algunas singularidades más: la forma de flecha es más evidente en O, edificio de proporción más modesta que su impresionante contraparte situada al oeste. Las direcciones astronómicas importantes también cambian en el análisis del Edificio O. La perpendicular del frente de la estructura termina en el elevado horizonte nororiental, exactamente en la posición del primer rayo de Sol naciente en el solsticio de verano. También tiene importancia astronómica la dirección de la punta de flecha. Ésta toca el horizonte suroccidental, dentro de un margen de 1/4° de la posición del ocaso de Sirio, la estrella más brillante del firmamento. Como Capela, Sirio al parecer tuvo una importancia particular, no sólo a causa de su brillo, sino también, hecho todavía más significativo, porque un observador atento del firmamento pudo haberse valido de su orto y su ocaso heliacos para dividir el año en estaciones. En Caballito Blanco, Sirio pasaba por su orto heliaco cerca del primer día de verano y el primer día de invierno era la última ocasión en que se le habría visto salir por el este después de la puesta del Sol. Estas relaciones se pueden derivar de manera aproximada a partir de un examen de las fechas de orto y ocaso heliacos de las estrellas brillantes del cuadro 10 (úsense las columnas designadas para 500 a.C. y 0 d.C. e interpólese a un punto intermedio entre esas fechas). Si permitimos un mayor margen de error (4° u 8 diámetros solares), podemos considerar la punta de flecha de Caballito Blanco como una marca aproximada de la puesta de Sol en el solsticio de invierno.

Es difícil saber si el Edificio O fue diseñado realmente para cumplir funciones astronómicas (y mucho menos qué objeto se quería registrar con él) o si es una imitación no funcional del Edificio J de Monte Albán. En ambos casos, la dirección de la flecha indica un acaecimiento estelar, en tanto que el frente del edificio parece vincularse con una relación solar cronometrada por la aparición de estrellas brillantes. Esa clase de observaciones anticipadoras son muy comunes en la astronomía americana nativa.²⁸

²⁸ Véase un estudio a fondo de las observaciones celestes de previsión en Zeilik, 1989.

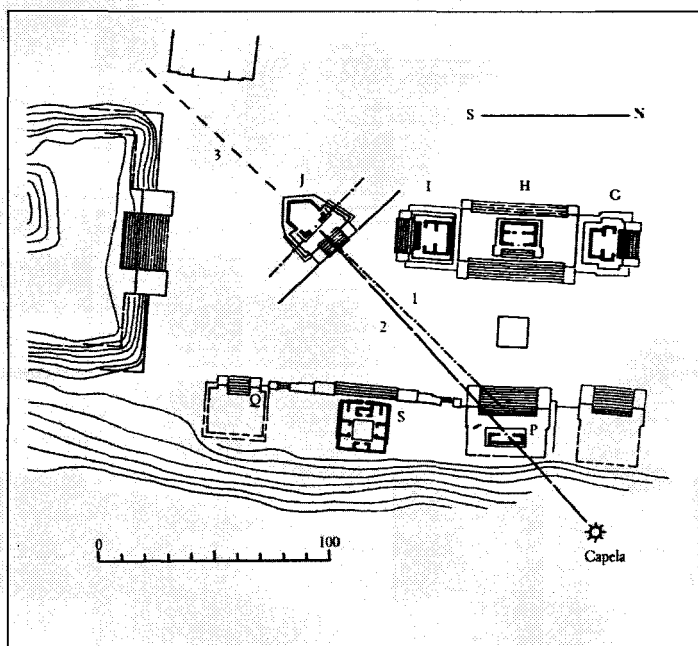


FIGURA 96. Plano de Monte Albán donde se muestran los alineamientos astronómicos vinculados con los edificios J y P: 1) línea perpendicular a la entrada del Edificio J que pasa por la abertura de la escalinata del Edificio P, con entrada a la cámara de observación; 2) perpendicular a la escalinata de J que pasa por la entrada de P y apunta hacia donde sale Capela; 3) bisector en forma de flecha que apunta hacia cinco estrellas brillantes. (Diagrama de H. Hartung.)

Lo que a nosotros nos parece arquitectura asimétrica, para el astrónomo de la antigüedad zapoteca puede haber sido una representación de la ordenada armonía entre la Tierra y el cosmos, entre su reino de los vivos y el de sus deidades ancestrales.

Los arqueólogos no ofrecen claves para explicar el origen de las peculiares formas de flecha. Fuera de estos dos edificios, en toda la arquitectura mesoamericana no se encuentra ningún otro ejemplo de esa forma.

El Caracol de Chichén Itzá y otras torres de observación redondas

Si bien el Edificio J es el observatorio más peculiar de Mesoamérica, la torre de El Caracol de Chichén Itzá, Yucatán (figura 98a), es seguramente el más famoso. Tan enga-

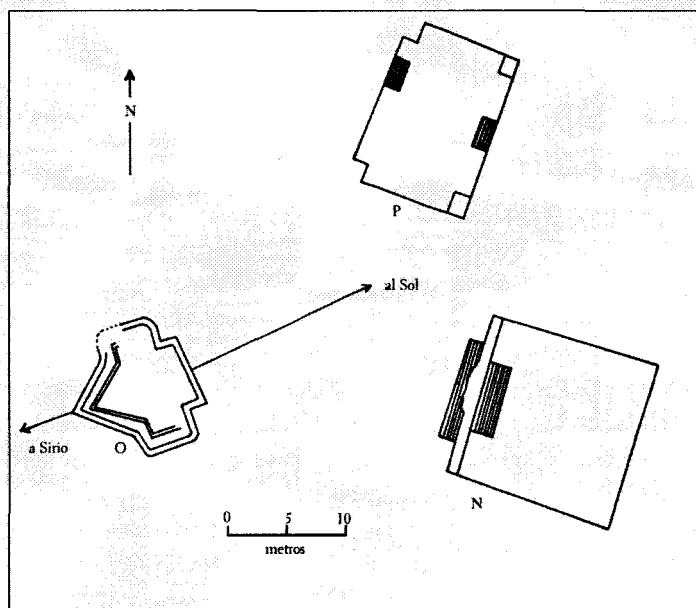


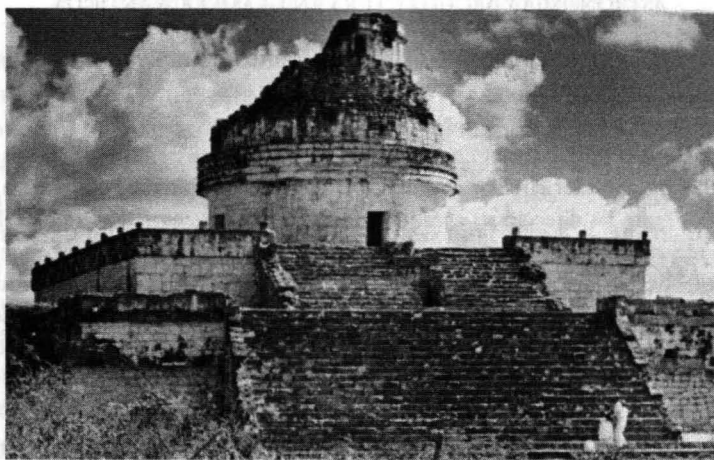
FIGURA 97. Estructura O, Caballito Blanco; el plano muestra posibles orientaciones astronómicas. (Diagrama de H. Hartung.)

ñasas son sus asimetrías que el arqueólogo sir Eric Thompson en cierta ocasión se vio impulsado a declarar (obviamente con semicómico disgusto):

Tarde o temprano toda ciudad erige algún edificio atroz que revuelve el estómago. Londres tiene su Albert Hall, Nueva York su tumba de Grant y Harvard su Memorial Hall. Si podemos librarnos del encanto que la antigüedad puede provocar y contemplamos este edificio en todo su horror desde un punto de vista estrictamente estético, encontraremos que ninguno de aquellos es tan espantoso como El Caracol de Chichén Itzá. Se yergue éste como un pastel de bodas de dos pisos sobre la caja de cartón en que vino. Algo fallaba muy claramente en el gusto de los arquitectos que lo construyeron²⁹ [1945, p. 10; véanse detalles en Aveni, Gibbs y Hartung, 1975].

La frustración de Thompson ante el plano de la torre, que se muestra en la figura 99, se antoja aún más justificada cuando atendemos a la descripción de Oliver Ric-

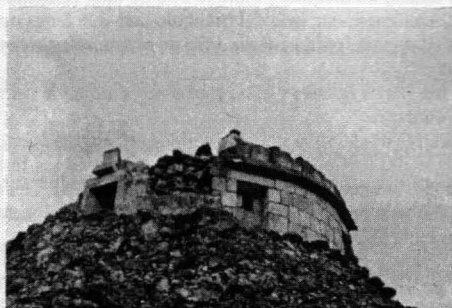
²⁹ Interrogados posteriormente por uno de mis alumnos respecto de la función del edificio, algunos mayas modernos que viven en el área respondieron que los antiguos mayas efectuaban allí sus grandes ceremonias nupciales. ¡Es claro que el símil de sir Eric fue tomado muy en serio por algunos nativos!



a



b



c

FIGURA 98. El Caracol de Chichén Itzá: a) vista desde el oeste; b) la estructura estilóbata, un par de columnas encerradas; c) dos de las ventanas del torreón.

ketson sobre la naturaleza poco ortodoxa de la arquitectura que encontró al excavar el edificio a principios del siglo xx:

El Caracol es una torre circular con cuatro puertas exteriores frente a los puntos cardinales. Dentro hay un corredor circular desde el cual otras cuatro puertas, de frente a los puntos intermedios entre las direcciones cardinales, conducen a otro corredor circular. El corredor circular interior circunda un núcleo de mampostería, dentro del cual una pequeña escalera de caracol³⁰ lleva a la parte superior del edificio [...] Cerca de la parte superior hay un rellano a partir del cual se abren tres tiros horizontales rectangulares. El mayor de ellos, el núm. 1, mira al oeste y hasta hace poco era el único conocido. Las ventanas 2 y 3 dan al suroeste y al sur respectivamente [1928, p. 219].

Para complicar las cosas, las exactas mediciones modernas (hechas con teodolito y usando una mira astronómica) indican que todas las simetrías implícitas en el pasaje anterior (ventanas que dan al sur y al este, puertas que apuntan a los cuatro puntos cardinales) en realidad son marcadas asimetrías. A decir verdad, las puertas se apartan de 10° a 12° de los puntos cardinales y las aberturas practicadas en la cámara interior no se encuentran exactamente a media distancia entre las puertas exteriores. Observando esas asimetrías en la arquitectura maya, Thompson se sintió impulsado a decir que al parecer los mayas habían sido incapaces de formar un verdadero ángulo recto.³¹

³⁰ El artefacto es actualmente un estrecho pasadizo.

³¹ La conclusión de Thompson no necesariamente es pertinente, como lo demuestran los intentos por construir ángulos rectos sin el uso de dispositivos de medición modernos. Valiéndonos del concepto de un ángulo recto de 3-4-5 y de un solo pedazo de cuerda y tres estacas, mis alumnos y yo pudimos trazar ángulos rectos bastante precisos. Afortunadamente, el perímetro de ese triángulo tiene una longitud que es exactamente divisible por dos de los lados ($12 \div 3 = 4$ y $12 \div 4 = 3$). El método procede de la manera siguiente:

1. Colóquense dos de las estacas a cualquier distancia una de otra. (Cuanto más separadas estén resulta un ángulo recto más preciso.) Désignese este lado del triángulo para que tenga una longitud de tres unidades.

2. Unánse las estacas con cuatro vueltas de cuerda a fin de obtener una cuerda cuya longitud sea igual a la del perímetro: 12 unidades.

3. Divídase la cuerda en tres partes iguales y márquese el extremo de la primera parte a modo de determinar la longitud de cuatro unidades.

4. Únase la tercera estaca a la cuerda en la marca y sus dos extremos a la primera de las dos estacas.

5. Dése vuelta a la cuerda suelta (ocho unidades) alrededor de la estaca restante y tire de la estaca que marca cuatro unidades hasta que la cuerda esté tensa entre las tres estacas. Cuando lo haya hecho, hay una y sólo una posición en la cual ubicar la estaca no colocada. Así se obtiene un triángulo recto con un ángulo que difiere consistentemente de 90° por menos de 10' de arco.

La adecuada realización de este ejercicio no necesariamente implica que los mayas usaran el mismo método para trazar ángulos rectos, pero sí demuestra lo fácil y exactamente que la tarea puede realizarse valiéndose sólo de instrumentos simples y de la geometría básica. Otro hecho interesante y útil que los mayas pudieron haber usado para trazar ángulos rectos es que cuando los tres vértices de un triángulo tocan un círculo y el diámetro de ese círculo también es el lado más largo del triángulo, ese triángulo es siempre un triángulo recto. Nosotros determinamos en el campo que el conocimiento de ese hecho pudo haber permitido a los mayas hacer ángulos rectos tan fácil y exactamente como por el método anterior. Lo único que

La falta de atractivo estético de El Caracol ha llevado a algunos investigadores a sugerir un motivo funcional para su diseño. Se le ha considerado tanto el gnomon de un enorme reloj solar como una torre de observación militar; pero, de todos los usos, las observaciones astronómicas parecen lo mejor para explicar las peculiaridades de su estructura y orientación.

La Plataforma Inferior, primera unidad arquitectónica de El Caracol, fue construida por los mayas alrededor de 800 d.C. Es una gran área rectangular de 52 metros de este a oeste por 67 metros de norte a sur, elevada seis metros por arriba del terreno plano. Sólo la gran escalinata frontal es visible en la figura 98a. Se orienta $27\frac{1}{2}^{\circ}$ al norte del oeste (figura 99, alineamiento A-1), muy fuera de línea respecto a los demás edificios de Chichén Itzá. La posición del Sol en su ocaso en el solsticio de verano queda dentro de un margen de 2° en esa dirección, pero hay aún mayor concordancia con la posición del ocaso al extremo norte del planeta Venus. De nuestra amplia exposición del capítulo III sobre el desplazamiento de Venus, recordamos que este planeta alcanza extremos particulares del horizonte cada ocho años y que sus detenciones pueden ser útiles en la predicción de la longitud del intervalo de desaparición matutina, que parece haber sido de interés primordial para los mayas en relación con el planeta.

Sobre la Plataforma Inferior, encajado en la escalinata de la Plataforma Superior, encontramos un nicho que contiene un par de columnas: el llamado estilóbato (figuras 98b, 100). Ese nicho se alinea asimétricamente respecto de la Plataforma Superior, apuntando una vez más al extremo norte de Venus. Las columnas conservan motas de pintura negra y roja. Como éstos son colores direccionales en la religión maya, es posible que el estilóbato pintado haya servido de monumento a Venus en el este como estrella matutina y en el oeste como estrella vespertina. *Chac ek*, el nombre que los mayas daban comúnmente a la estrella de la mañana, significa estrella roja o gran estrella.

La relación de los colores se subraya aún más en las obras de Caso, quien deja implícita una vinculación específica con Quetzalcóatl, el dios Venus del Centro de México:

También la huida de Quetzalcóatl de Tula, para el mítico Tlillan Tlapallan, “la tierra del negro y del rojo”, y su promesa de volver por el oriente en el año de su nombre, “Ce Ácatl”, no es más que un modo de explicar en forma de mito la muerte del planeta, es decir, su ocultación por el poniente, en el lugar en que se juntan el negro y el rojo, el día y la noche, y el vaticinio de que volverá a surgir por el oriente, transformado en estrella de la mañana y precediendo al Sol [1985, p. 39].

habrían necesitado es dibujar medio círculo con una cuerda de longitud constante unida al punto central y luego inscribir un triángulo de la manera adecuada. En contra de Thompson, una conclusión segura podría ser que los mayas no buscaban ángulos rectos, por lo menos en este caso.

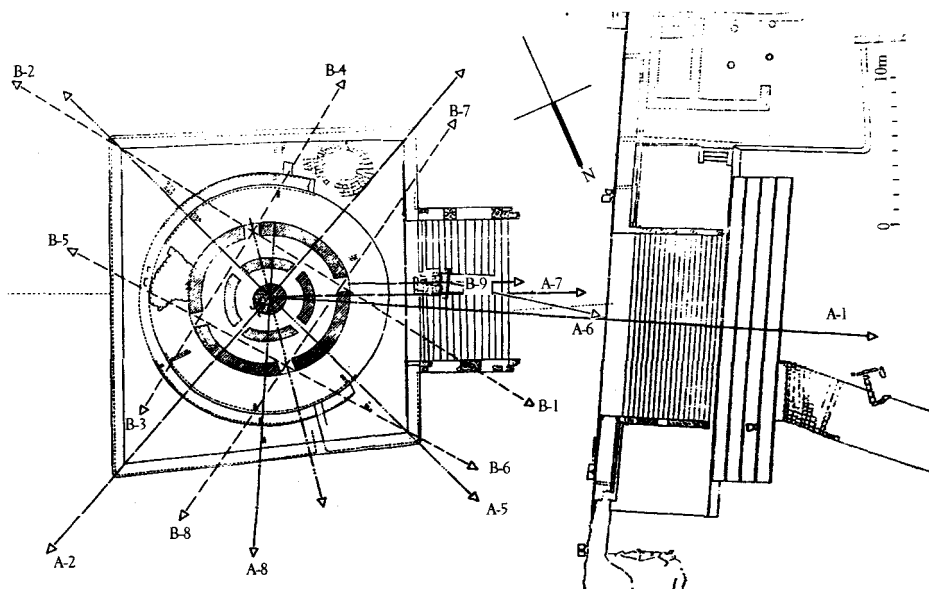


FIGURA 99. Plano de El Caracol que muestra las orientaciones astronómicas más importantes: A-1) la línea perpendicular a la base de la Plataforma Inferior corresponde a los ocasos de Venus en su máxima declinación norte (igual que la de uno de los alineamientos tomados en las ventanas); A-7) una perpendicular a la base de la Plataforma Superior corresponde a la puesta del Sol el día de su paso por el cenit; A-2) la diagonal de esquina a esquina señala hacia la salida del Sol en el solsticio de verano. Los alineamientos llamados "B" son un tanto más especulativos. (Aveni, Gibbs y Hartung, 1975, figura 5.)

Venus posee un simbolismo especial en relación con la arquitectura de El Caracol. Recuérdese que esta estrella representa la manifestación celeste del hombre-dios Quetzalcóatl-Kulkán, deidad que en forma de dios del viento, Ehécatl, se simboliza mediante estructuras redondas en toda Mesoamérica. Él aparece en varias manifestaciones malignas en las tablas de Venus de las páginas 46-50 del *Códice de Dresde*, especialmente cuando hace su primera aparición en el cielo antes del alba. Recuérdese también que esas tablas dan tanto las fechas de orto y ocaso heliacos como la época ritualmente importante de aparición y desaparición del dios Venus en el cielo. Como hemos visto, las tablas de Venus ofrecen un medio de vincular la función del sitio ritual con las observaciones del planeta alrededor de la época en que se construyó El Caracol.³² Más aún, la tabla del *Códice de Dresde* que existe probablemente fue

³² Compárense las fechas arqueológicas aproximadas de El Caracol (800-1000 d.C.) con las fechas de la

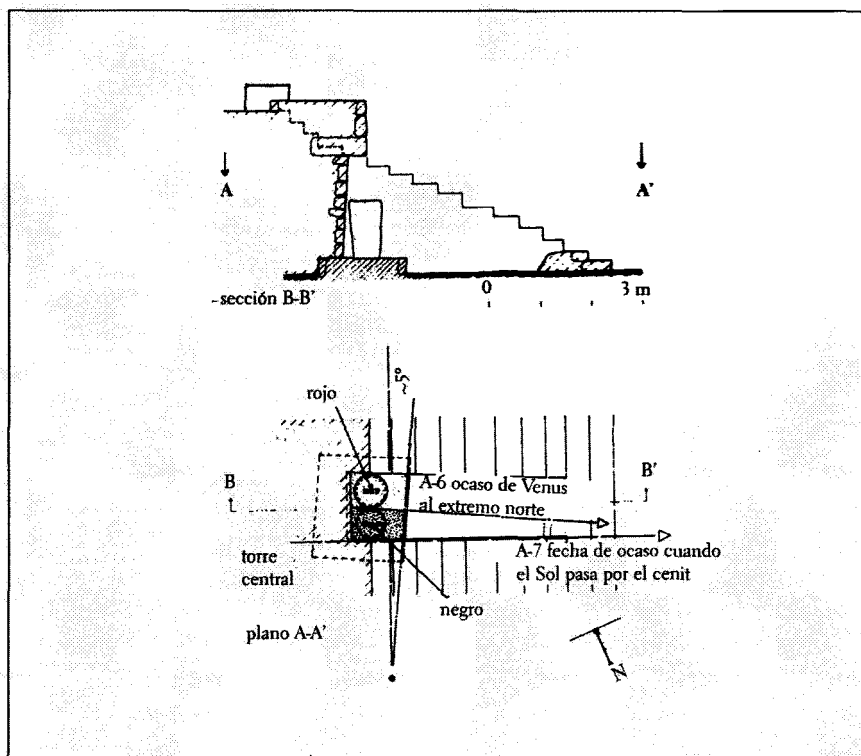


FIGURA 100. Plano del estilóbato y la plataforma en que se muestra la orientación sesgada hacia Venus. (Aveni, Gibbs y Hartung, 1975, figura 4.)

hecha a poca distancia al este de Chichén Itzá. Así, es posible que las observaciones astronómicas delineadas en la tabla de Venus del *Códice de Dresde* fueran compiladas por astrónomos apostados en la cámara de observación de esa torre y posiblemente en observatorios similares del norte de Yucatán.

Subiendo a lo alto de la torre de El Caracol, los observadores del cielo habrían podido hacer dos observaciones de Venus más por las “ventanas” (figura 98c). Tres tiros horizontales, que parten de una pequeña cámara rectangular, miran hacia los llanos, paisaje del sur y del oeste. El mayor de ellos (núm. 1 en la figura 101) daría cabida a una persona que tratara de arrastrarse por él. Las otras dos hendiduras (núms. 2 y 3) son tan estrechas que no dejan duda alguna respecto de su función. Fueron hechas para

Cuenta Larga del *Códice de Dresde*, p. 24. La instalación de la tabla de Venus ocurrió en el siglo X. La copia del código que existe, una versión actualizada, probablemente date de dos o tres siglos después.

mirar por ellas. Las jambas de las ventanas enmarcan angostos segmentos de los horizontes sur y suroccidental. Sabemos que no pueden haber servido para observar ciudades distantes, puesto que las direcciones de los sitios vecinos más próximos no corresponden a los acimutes de los tiros. Por lo demás, no conocemos marca alguna de topógrafo en ninguna de esas direcciones.

Cuando estudió las orientaciones astronómicas del edificio en los años veinte, el arqueólogo Oliver Ricketson se sintió atraído por estas extrañas ventanas de la torre. Entonces planteó la hipótesis de que se hubieran podido emplear líneas de observación diagonales —por ejemplo, de la jamba interior derecha a la jamba exterior izquierda de una ventana— para fijar exactamente la posición de un acontecimiento en el horizonte. Algunos de los alineamientos que él indicó se muestran en el plano de las ventanas de la figura 101. Nuestras propias mediciones vienen a apoyar sólidamente esta hipótesis, sobre todo en cuanto a los alineamientos de la jamba interior izquierda (II) a la jamba exterior exterior derecha (DE) de las ventanas 1 y 2. Estas direcciones marcaban de manera precisa los extremos norte y sur de Venus en el horizonte. Ricketson había sugerido que los extremos lunares concordaban perfectamente con este par de alineamientos. En realidad, las detenciones de la Luna yerran la marca por cuatro diámetros lunares en cada caso. En el extremo norte, la Luna ni siquiera sería visible para un observador apostado en la torre.

Otro de los alineamientos de El Caracol sugerido por Ricketson (1928) concuerda con el punto en que el Sol se pone en los equinoccios, viéndose una angosta franja del cielo a lo largo de la diagonal ID-EI de la Ventana 1. En la actualidad, el Sol aún acude allí a su cita, como lo demuestra la figura 102.³³ El equinoccio de primavera señalaba el primer día del año en que el astro podía verse por la Ventana 1. Luego podían observarse por ella las puestas de Sol, a lo largo de la primavera, a medida que el astro avanzaba hacia el norte; el 28 de abril, éste pasaba por la línea media de la ventana. Al alcanzarse el solsticio, el Sol se habría encontrado muy a la derecha de la línea media de la ventana, pero sin llegar todavía al extremo de Venus, marcado por la diagonal II-ED; después avanzaba hacia el sur, saliendo de la ventana en el equinoccio de otoño. Ricketson sugirió que podían haberse usado marcas no permanentes en el antepecho de la ventana para seguir el diario avance del Sol de equinoccio a equinoccio.

Otra línea de observación que vale la pena considerar en lo alto de la torre es la diagonal ID-EI de la Ventana 3. Apunta del este del norte al oeste del sur y pasa cerca de la dirección actual de la brújula magnética en el norte de Yucatán. Sin embargo, como

³³ Es curioso que la jamba occidental esté inclinada respecto de la vertical precisamente lo necesario para permitir un registro exacto de las fechas de los ocasos del Sol en los equinoccios. Si se le enderezara, la jamba fallaría por unos días en el registro preciso de las puestas de Sol en los equinoccios. Como la demolición del Templo Mayor, esta circunstancia nos lleva a preguntarnos si la desorientación no fue deliberada, urgida por la necesidad de “enderezar las cosas”.

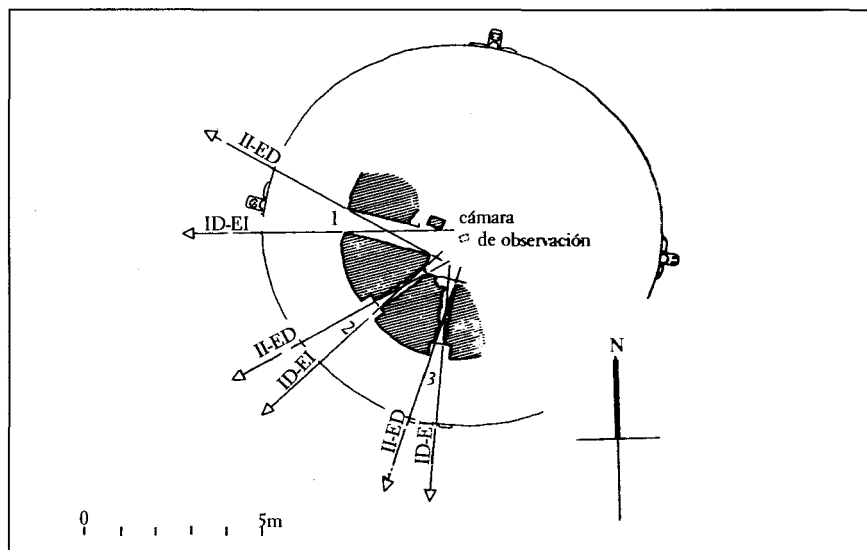


FIGURA 101. Plano de las ventanas de El Caracol que aún existen: 1) ID-EI (jamba interior derecha a jamba exterior izquierda); puesta del Sol en los equinoccios; 1) II-ED: norte máximo de Venus; 2) II-ED: sur máximo de Venus; 3) ID-EI: aproximación al sur astronómico o sur magnético (?). (Diagrama de H. Hartung.)

se demuestra en el apéndice E del capítulo III, la desviación de la aguja de las brújulas respecto del norte astronómico depende considerablemente del tiempo. Lo más probable es que este alineamiento se haya intentado como una orientación aproximada hacia el norte.

Por último, no debemos pasar por alto la posibilidad de que las ventanas se hayan hecho para tratar de observar estrellas o constelaciones enteras. Apoya esta hipótesis la amplia visión que se tiene desde la Ventana 1 (más de 20°). El problema se puede estudiar de manera enteramente satisfactoria valiéndose de un planetario moderno. Uno de los resultados de dicho estudio se muestra en la figura 103. Se obtuvo haciendo retroceder el reloj al año 1000 d.C., supuesta época de construcción de la parte superior de El Caracol, fijando la latitud del planetario en $20^\circ 41' N$ y proyectando transparencias de las ventanas sobre el muro occidental calibrado con acimut de la cúpula del planetario. El registro mostrado en la figura representa el cielo tal y como los antiguos lo habrían visto por la Ventana 1 hacia el momento de la puesta de Sol el 28 de abril del año 1000 d.C., día en que el astro cruzó exactamente la línea media de la ventana (en la figura 103b, abajo a la izquierda, "O" señala el punto occidental del horizonte).

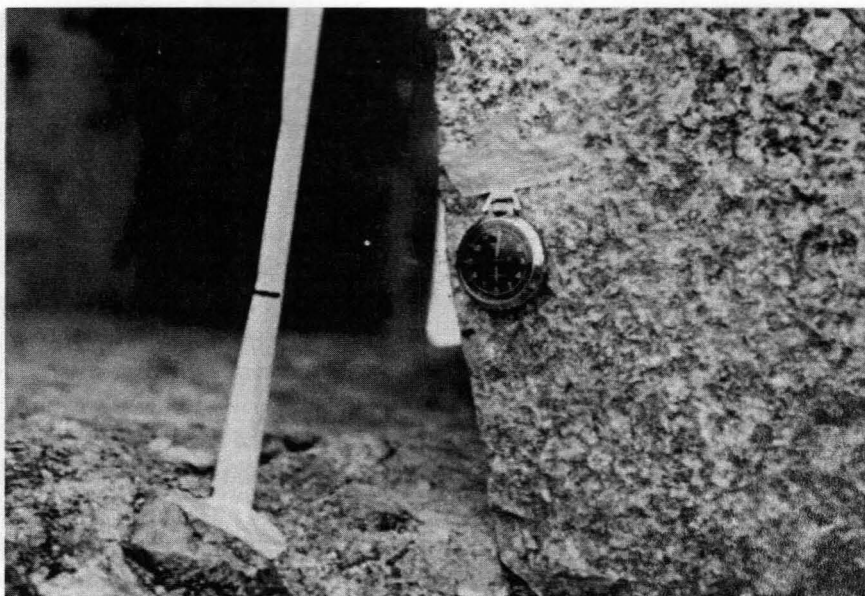
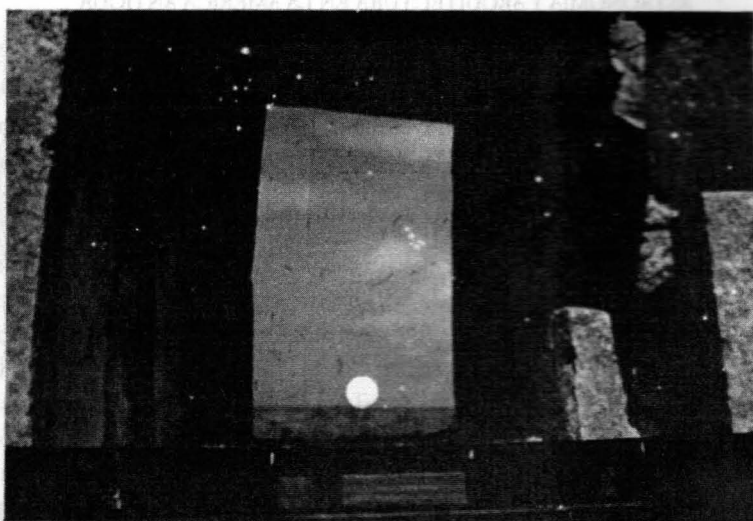


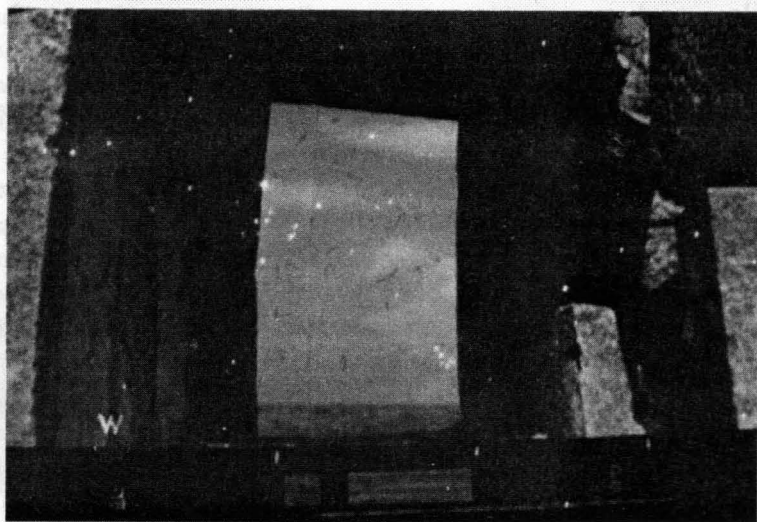
FIGURA 102. La puesta del Sol a lo largo del alineamiento 1 ID-EI de la Ventana 1 en el equinoccio de primavera de 1974. El mismo alineamiento se produce seis meses después, en el equinoccio de otoño, momento en el cual el Sol regresa al Hemisferio Sur.

En la figura 103a el Sol es tangencial al horizonte en la base de la ventana. Las Pléyades son visibles en la parte superior derecha. (Con la magia característica del planetario, ¡podemos ver las estrellas y el Sol al mismo tiempo!) Minutos después (figura 103b), el Sol se ha puesto y las Pléyades empiezan a perderse de vista por la jamba inferior derecha de la ventana. Consultando nuestras tablas de ortos y ocasos heliacos (cuadro 10), descubrimos que a fines de abril de 1000 d.C., las Pléyades hicieron su última aparición por el oeste después del ocaso; reaparecieron al cabo de algunas semanas, pasando por su orto heliaco al este. La puesta de Sol sobre la línea media pudo haberse usado para predecir el fenómeno. Al mismo tiempo, las Híades, con su forma de V, y Aldebarán, la brillante estrella roja de nuestra conocidísima constelación zodiacal de Tauro, entraban en la ventana por la parte superior izquierda. En Mesoamérica también se concedía mucha atención a estas estrellas.

Es lamentable que en la actualidad sólo queden tres ventanas del lado oeste del edificio. El arqueólogo y explorador Alfred Maudslay, quien visitó Chichén Itzá a fines del siglo XIX, nos dice que originalmente El Caracol consistía de “una planta alta dota-



a



b

FIGURA 103. Usando el Planetario de la Universidad del Sur de Florida como herramienta de investigación, esta reconstrucción muestra el cielo tal y como habría aparecido a lo largo del eje principal de la Ventana 1, a fines de abril de alrededor del año 1000 d.C. La aparición de los grupos de estrellas en la ventana anunciaba el próximo paso del Sol por el cenit.

da de lo que parecían ser seis pequeñas puertas que daban al exterior. De ellas, la puerta situada arriba de la puerta inferior es la entrada a un pequeño pasaje, de 90 centímetros de alto, que probablemente atravesaba el edificio hasta la puerta del otro lado” (1889-1902, 3, p. 21). De ese modo, la Ventana 1 puede haber tenido su contraparte del otro lado del edificio para seguir los importantísimos ortos heliacos de Venus y la trayectoria del Sol naciente durante el invierno.

El estudio astronómico de El Caracol ha revelado que algunos fenómenos de esa índole se correlacionan con muchos de los alineamientos medidos. En la figura 99 se muestran otros alineamientos de posible importancia en la base del edificio. Entre ellos se incluyen diagonales entre puertas y líneas entre puntos angulares de la Plataforma Superior, muchas de las cuales coinciden con las posiciones de estrellas brillantes de importancia o con posiciones del horizonte solar de posible significación.

Pese a que no se ha encontrado un acaecimiento astronómico para cada alineamiento, 20 de los 29 preseleccionados corresponden en realidad a fenómenos astronómicos razonables en el horizonte. Si una proporción de aciertos del 69% parece inquietante, debe recordarse que, en el análisis, se buscaron fenómenos que nosotros, investigadores modernos, consideramos que pudieron tener importancia funcional para los mayas: extremos solares, lunares y planetarios en el horizonte, posiciones de estrellas brillantes que, mediante su orto heliaco, anuncian importantes fechas en el calendario civil, religioso o agrícola. Si bien no es obvia la presencia de ningún grandioso plan cósmico para la arquitectura de la torre de El Caracol, los estudios modernos del edificio implican que, fuera de ser un monumento dedicado a Quetzalcóatl-Kulkán, la gran torre fue erigida primordialmente con el propósito de incorporar en su arquitectura ciertas direcciones de fenómenos astronómicos significativos, en el mismo sentido en que un almanaque moderno muestra información de importancia para nosotros en el registro del calendario actual. El terreno del extremo norte de Yucatán es absolutamente plano. En una región en que no existen marcas naturales que sirvan de visual para observar fenómenos de orto y ocaso astronómicos necesarios para concebir un calendario, tal vez no resulte sorprendente encontrar líneas de observación astronómica incorporadas en la arquitectura. Ciertamente, El Caracol era un calendario maya en piedra.

En Mesoamérica existen otras estructuras redondas (véanse largas listas en Pollock, 1936, y Aveni y Hartung, 1978). Aunque pocas se encuentran en la tierra de los mayas, dos grandes estructuras, una en el este de Yucatán y otra en el oeste, guardan un asombroso parecido con El Caracol (figura 104). Es más, las tres se hallan a la misma latitud (véanse sus localizaciones en la figura 104c). La gran torre de Mayapán, efímero centro de guerra y controversia, es la mayor de las cinco estructuras de planta circular en la capital Posclásica del noroeste de Yucatán (figura 104b). El cronista Diego de

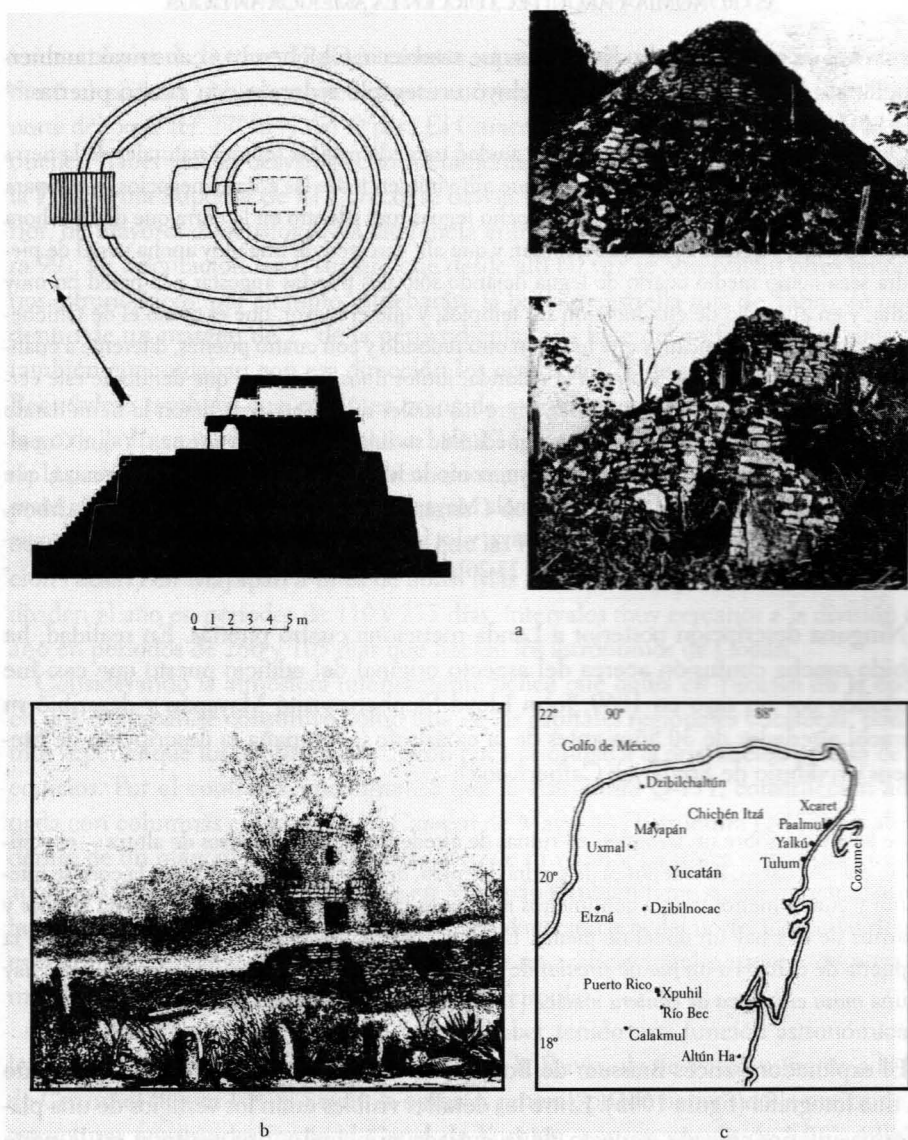


FIGURA 104. ¿Copias al carbón del observatorio de El Caracol? a) El Caracol de Paalmul (Paamal) al este de Yucatán (Pollock, 1936, p. 116, cortesía de la Institution Carnegie of Washington); b) El Caracol de Mayapán en el oeste de Yucatán (ibid., p. 111); c) en Yucatán abundan torres redondas más pequeñas (círculos abiertos); las cuatro mayores estudiadas en este capítulo se muestran como círculos grandes y llenos. (Diagrama de H. Hartung.)

Landa nos dice que el mismo Kukulcán que estableció Chichén Itzá construyó también aquella ciudad y que en su plano incluyó un templo redondo con cuatro puertas:³⁴

Que este Kukulcán tornó a poblar otra ciudad tratando con los señores naturales de la tierra que él y ellos viniesen (a la ciudad) y que allí viniesen todas las cosas y negocios; y que para esto eligieron un asiento muy bueno a ocho leguas más adentro en la tierra que donde ahora está Mérida, y quince o dieciséis del mar; y que allí cercaron de una muy ancha pared de piedra seca como medio cuarto de legua dejando sólo dos puertas angostas y la pared no muy alta, y en el medio de esta hicieron sus templos; y que el mayor, que es como el de Chichenizá, llamaron Cuculcán; y que hicieron otro redondo y con cuatro puertas, diferente a cuantos hay en aquella tierra, y otros a la redonda, juntos unos de otros; y que dentro de este cercado hicieron casas para los señores, entre los cuales solamente repartieron la tierra dando pueblos a cada uno conforme a la antigüedad de su linaje y ser de su persona. Y que Cuculcán puso nombre a la ciudad, no el suyo, como lo hicieron los Ahizaes en Chichenizá, que quiere decir pozo de los aizaes, mas llamóla Mayapán que quiere decir el pendón de la Maya, porque a la lengua de la tierra llaman maya; y los indios llaman Ychpa (a la ciudad), que quiere decir dentro de las cercas [1978, pp. 23-26].

Ninguna descripción posterior a Landa menciona cuatro puertas. En realidad, ha habido mucha confusión acerca del aspecto original del edificio puesto que casi fue demolido por un rayo en 1869. John Lloyd Stephens visitó Mayapán y describió su Caracol alrededor de 30 años antes de la catástrofe (acompaña la descripción de Stephens un dibujo de Frederick Catherwood):

Se levantaba sobre un terraplén en ruinas de alrededor de nueve metros de altura —el edificio era circular—, su exterior es de piedra desnuda, de tres metros de alto hasta la cornisa inferior y cuatro metros treinta centímetros más hasta la superior. La puerta se orienta al oeste y arriba de ella hay un dintel de piedra. El muro exterior mide metro y medio de espesor; la puerta de entrada a un *pasaje circular* de noventa centímetros de anchura, y en el centro hay una *masa cilíndrica de cantera maciza* [1843, 1, pp. 75-76; cursivas nuestras].

El explorador francés Brasseur de Bourbourg obtuvo un esbozo del edificio basado en una fotografía (figura 104b). Entre los detalles visibles están los vestigios de una plataforma inferior sesgada respecto de la entrada principal y una ventana en la parte superior de la torre, por arriba de la entrada: ambas recuerdan a El Caracol de Chichén Itzá. Cuando Hartung y el que esto escribe la medimos, sólo quedaba intacta la plata-

³⁴ El Castillo de Mayapán mencionado en la cita tiene tantas gradas y tantos peldaños como el arquetipo más grande de Chichén Itzá. La orientación del edificio (4°35' E del N) se desvía del patrón de 13° al este del norte que revela la mayoría de las construcciones de Mayapán. Aún no se ha propuesto ninguna explicación astronómica razonable de estos datos.

forma inferior de la torre. (Recientemente, el arqueólogo mexicano Carlos Peraza restauró el edificio.) Nuestras mediciones con teodolito revelan que se orienta a 13° al norte del oeste (cf. 27° al N del O para El Caracol), pero las partes superiores de la torre pueden haber estado desviadas considerablemente en esa dirección. Recuérdese que la Plataforma Superior de El Caracol se desvía 5° respecto de la plataforma basal inferior, de mayores dimensiones (la diferencia entre el alineamiento A-1 y A-7 de la figura 99). La orientación basal sugiere que desde allí tal vez se observaban otros fenómenos astronómicos; por ejemplo, Aldebarán, la brillante estrella roja de Tauro, se ponía dentro de un margen de 2° de la perpendicular a la base del edificio. En el siglo XII, también concordaban con esa dirección los ocasos del 28 de abril y del 15 de agosto. Recuérdese también que esa línea coincide exactamente con la puesta de Sol a lo largo de la línea media de la Ventana 1 de El Caracol de Chichén Itzá. Si la ventana de la parte superior se hubiera dispuesto de suerte que se alineara con la base, entonces podría ser una reproducción de la Ventana 1 de El Caracol. Nuestras tablas de ortos y ocasos heliacos del capítulo III indican que las Pléyades llegaban a su última desaparición (ELAST) en Mayapán a fines de abril. Más aún, en Mayapán las fechas de ocasos dividen el año en periodos de 110 y 255 días, intervalos muy cercanos a la división del año en periodos de 260 y 105 días que hacían los astrónomos de Copán.

Considerando la atmósfera intensamente bélica que había en Yucatán en la época en que Mayapán se constituyó como una de las capitales regionales yucatecas, podríamos suponer que los constructores dieron poca prioridad a la orientación precisa de los edificios. Por el contrario, encontramos que la Estructura Q-151, construcción adornada con columnas contiguas a El Caracol de Mayapán (Estructura Q-152), se alinea dentro de un margen de 15 minutos de arco de su vecino. La única estructura circular adicional (Q-214) que puede medirse en Mayapán también tiene su eje principal orientado dentro de un margen de $15'$ de los 13° en dirección este del norte. Como las demás estructuras circulares de Mayapán, se trata de un edificio mucho menor, de poca semejanza con El Caracol, excepto por su base circular.

Una tercera torre posclásica que puede haber tenido una función astronómica se localiza en Paalmul, sobre la costa oriental de la Península de Yucatán, frente a la isla de Cozumel (figura 104a). Según la opinión general, puede haber sido la mayor de las estructuras construidas frente al Canal de Yucatán, con excepción de El Castillo de Tulum, situado al sur. El arqueólogo Gregory Mason fotografió y describió el edificio durante una expedición por la costa oriental a mediados de los años veinte. Sus fotografías y su plano acompañan a una de las pocas descripciones del edificio:

El edificio de Paalmul tiene 9.65 m de altura, aunque sea mayor de lo que indican sus medidas, por tener forma aproximadamente cónica y un diámetro considerable en su base. Posee

cuatro paredes distintas o cinturones de mampostería, que en aspecto no difieren mucho de cuatro torretas de una nave de guerra, puestas una sobre otra, con la más pequeña en la parte superior. La única cámara que pudimos encontrar fue una pequeña en la "torreta" superior. Un altar situado atrás de esa cámara estaba destruido y mostraba hendiduras que se prolongaban varios metros abajo [1927, pp. 241-242].

Mason pasa luego a especular acerca del uso del edificio como observatorio astronómico y menciona específicamente El Caracol de Chichén Itzá en una observación comparativa. Poco tiempo después y retomando el total paralelismo entre los dos edificios, la astronómicamente siempre alerta Zelia Nuttall (1930) propuso que se emprendiera en Paalmul una excavación complementaria a la que ya se practicaba en Chichén Itzá. Desafortunadamente, esa excavación nunca se realizó.

Quince años antes de que en la construcción pudieran hacerse mediciones con teodolito, el edificio, ya erosionado por el mar, fue arrasado casi totalmente por un huracán. En la actualidad, la edificación ha desaparecido en su totalidad. Cuando nosotros la estudiamos (Aveni y Hartung, 1978) sólo quedaba en pie el muro frontal de la fachada superior. Como los Caracoles de Chichén Itzá y Mayapán, se orienta de norte a oeste (acimut = $303 \pm 3^\circ$). Es particularmente extraño que, aun cuando el edificio se localiza a sólo 50 metros de la playa, su fachada no mire al mar, a diferencia de la mayor parte de otros edificios ubicados en la costa. (La torre de Paalmul se volvía tierra adentro a un ángulo de alrededor de 45° respecto a la costa). Entre todas las posibilidades astronómicas para su orientación, la Luna es la que está más cerca de corresponder con la dirección de su fachada, en su posición de ocaso al extremo norte (acimut = $300^\circ 48'$). Pólux, la estrella más brillante de Géminis, se pone a un acimut de $302^\circ 11'$. Esta estrella tal vez haya sido importante dado que, durante el Periodo Posclásico, pasaba por su orto heliaco exactamente en el solsticio de verano. Como en el caso de la torre de Mayapán, el argumento en favor de una orientación motivada astronómicamente es incierto, puesto que ninguno de los fenómenos astronómicos sugeridos para la torre de Paalmul aparece en los demás observatorios. Desafortunadamente, el único dato sobre orientación que pudo obtenerse fue la medición de una fachada en mal estado.

Aunque los detalles sean deficientes, las tres torres circulares examinadas en esta sección comparten el mismo plano básico sobre el terreno, idénticas latitudes y una orientación al norte del este, todo lo cual concuerda con un propósito común: la observación del cielo.³⁵

³⁵ Entre las torres redondas estudiadas en la bibliografía, seguramente la más extraña es la de Puerto Rico, pequeño sitio a 240 kilómetros al sur de Chichén Itzá, en el borde septentrional de la selva pluvial de El Petén, cerca de Xpuhil. El arqueólogo E. Wyllys Andrews IV (1968, p. 7) describió el edificio como un cilindro sólido de cal y canto atravesado sólo por cinco perforaciones horizontales a una altura poco mayor a la de un hombre. Esos hoyos son exactamente anchos para permitir la visibilidad con ambos ojos a través de

El Palacio del Gobernador de Uxmal

La mayor parte de las estructuras de Uxmal, uno de los sitios más grandes del norte de Yucatán, se orienta a 9° al este del norte. Una de las desviaciones notables de su plano es la llamada Casa (o Palacio) del Gobernador (figura 105) que, según el historiador del arte Jeff Kowalski (1987), fue erigido hacia fines del siglo ix o principios del siglo x. El Palacio también destaca en el plano de Uxmal presentado en la figura 106 (en donde se le denomina "Edificio E"). Considerado como uno de los mejores ejemplos del estilo Puuc de la arquitectura maya, ese edificio se levanta sobre una plataforma artificial elevada, que se desvía 19° en el sentido de las manecillas del reloj respecto del eje común de las construcciones, de suerte que se orienta a 28° al sur del este (la desviación es muy obvia en la figura). Asimismo, de manera nada característica, su fachada mira al exterior, lejos del eje del sitio. Los estudios de las inscripciones de Uxmal hechos por Kowalski revelan que el Palacio del Gobernador fue erigido por cierto Señor Chac, gobernante de una poderosa dinastía de fines del siglo viii y principios del siglo ix. Lo más probable es que el edificio, una estructura alargada, baja y con múltiples habitaciones, a la que convencionalmente los estudiantes de arquitectura llaman el "palacio", funcionara en parte como residencia real y a la vez como un lugar para el almacenamiento de parafernalia y la representación periódica de rituales. Kowalski sostiene que la poderosa imaginería del trono de jaguar de dos cabezas del Señor Chac, situada frente al edificio, en línea con la imagen esculpida del propio go-

la torre. Practicados en una parte nivelada del edificio, los tiros evidentemente fueron construidos con sumo cuidado, pues son perfectamente rectos y a nivel exacto con el horizonte. Por lo tanto, Andrews sugirió que el edificio pudo haber desempeñado alguna función astronómica o astrológica, aunque sus mediciones de los alineamientos de los tiros con la brújula magnética no tuvieron relación con ninguna posición astronómica importante que hubiera podido descubrir. Nuestras propias mediciones (Aveni y Hartung, 1978) con teodolito de la dirección de los tiros confirman los resultados de Andrews. Dos tiros paralelos equidistantes del centro del núcleo muestran la desviación al este del norte que es común entre tanto alineamientos de Mesoamérica. Otros tres tubos entran en los tiros principales en ángulos de 75°, 76° y 78°. Poco éxito tuvimos buscando orientaciones astronómicas que correspondieran a aquellos alineamientos. Cuatro de las cinco orientaciones señalan en la dirección general de importantes ruinas demasiado distantes para ser observadas (una de las cuales es Chichén Itzá). Una posibilidad razonable son algunos sitios secundarios localizados dentro de un radio de 20 kilómetros de Puerto Rico; pero, dado el excesivo crecimiento de la vegetación del área, no se pudieron determinar con suficiente exactitud las posiciones de la multitud de edificios en ruinas inmediatamente vecinos de Puerto Rico. Otra posibilidad, también considerada por Andrews, era que los tubos estuvieran destinados a funcionar como "psicoductos" o canales de comunicación con los espíritusidos de los individuos enterrados debajo. (No se han hecho suficientes excavaciones para determinar si la torre fue un monumento funerario.) Esos ductos de comunicación se encuentran en el Templo de las Inscripciones de Palenque y en el Templo de las Siete Muñecas de Dzibilchaltún, pero son verticales, no horizontales. Como la torre es sólida de un extremo a otro, también se descarta la posibilidad de que los tiros puedan haberse usado para ventilación. A decir verdad, ninguno de los argumentos propuestos a la fecha acerca de los tiros es totalmente satisfactorio. En consecuencia, sigue siendo un misterio la función exacta de la torre circular de Puerto Rico.

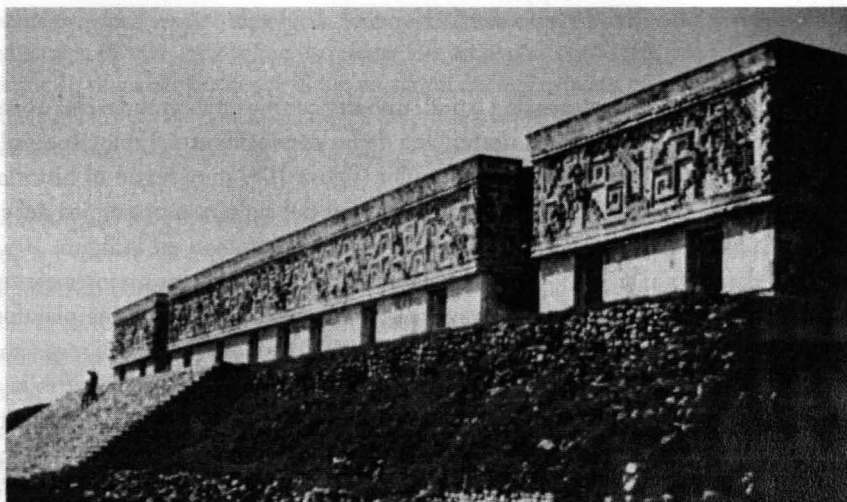


FIGURA 105. *El Palacio del Gobernador de Uxmal.*

bernante y rodeada de serpientes bicéfalas y símbolos cósmicos, labrados sobre la entrada central de la estructura que mira al exterior, apoya la idea de que el Palacio del Gobernador fue el centro administrativo principal no sólo de Uxmal, sino tal vez también de una gran parte de la región Puuc que la circunda (1987, p. 236).

Desde su entrada principal y precisamente a lo largo de una perpendicular a su fachada (línea 1 en la figura 106), se puede ver la única característica notable a lo largo del horizonte: una estructura artificial situada a varios kilómetros de distancia. La figura 107 muestra la vista que se tiene desde la entrada principal del Palacio del Gobernador, en una fotografía tomada con telefoto. Nuestro primer estudio de campo identificó ese montículo con el sitio de Nohpat, que fue visitado por Stephens (1843, I: 221). En fechas más recientes Sprajc (1993a) ha corregido la identificación a Cehtzuc.

La perpendicular que parte de la entrada del Palacio del Gobernador también apunta al lugar del horizonte oriental en que Venus habría salido en la época de su máxima excursión de ocho años al sur, alrededor de 800 d.C.³⁶ Sprajc (1993a) postula que el

³⁶ Durante nuestras investigaciones, residentes actuales del pueblo de Santa Elena, al este de la carretera próxima a Uxmal, reiteradamente insistieron ante nosotros que desde las cimas de las pirámides más altas eran visibles otras ruinas a lo largo del horizonte distante. La vista desde cualquiera de esas elevadas pirámides parece sugerir la que se representó en un mapa fechado en 1557 y que se publicó en el segundo volumen de los viajes de Stephens a Yucatán (1843). En ambos casos, el horizonte parece ser el plano básico de referencia ambiental. El mapa, atribuido originalmente a la familia Xiu, que gobernó el territorio Puuc antes de la Conquista y mucho tiempo después, muestra al centro la ciudad de Maní (en donde Landa quemó numerosos códices). Regularmente espaciadas en un patrón geométrico a lo largo del horizonte, sobre el borde del croquis circular están 32 ciudades yucatecas distantes, cada una de las cuales aparentemente

alineamiento entre sitios se dirigía en realidad en sentido opuesto, hacia el extremo norte del ocaso de Venus sobre el horizonte occidental y no al extremo sur del punto de salida de la estrella matutina. Para apoyar su opinión, Sprajc se vale de ciertos hechos astronómicos y climatológicos reflejados en la iconografía del Palacio. De ese modo, la base de observaciones más importante del complejo panmesoamericano Venus-lluvia-maíz, examinado con anterioridad, en que la estrella vespertina desempeñaba un papel destacado, habría residido en la ocurrencia estacional de los extremos de la estrella vespertina, que delimitan aproximadamente la temporada de lluvias y el ciclo agrícola en Mesoamérica. Los mayores extremos septentrionales de la estrella vespertina, que se alcanzan a principios de mayo, anunciaban el principio de las lluvias, momento de importancia decisiva para los campesinos mesoamericanos. Sprajc argumenta que, en esa época, Venus como estrella vespertina habría sido más fácilmente visible. Esto explica por qué los símbolos de Venus están puestos en las mejillas de los mascarones de Chac, el dios maya de la lluvia. Sin embargo, aunque basado en un alineamiento ligeramente más preciso, este argumento pasa por alto diversos hechos básicos que, como hemos de ver, apoyan más sólidamente un esquema de orientación en dirección del este.

Lo que hace tan indiscutible cualquier hipótesis de orientación venusina del Palacio del Gobernador es que las esculturas que adornan el edificio sean ricas en simbolismo del planeta. El friso esculpido sobre el palacio incluye más de 360 símbolos que adornan partes de mascarones decorativos por todo el edificio (*cf.* Aveni, 1989a, figura 6.14D). El gran espacio que se abre frente al Palacio del Gobernador, bajo la panoplia de símbolos de Venus, muestra una fase ritual en que el gobernante pudiera haber celebrado sus lazos de sangre con los dioses celestes ancestrales, incluso cuando la gran estrella de la mañana salía en el cielo del este. Como ha señalado Kowalski (1996, p. 220, comentario) en relación con los usos humanos que se dieron a la astronomía, hay razones que apoyan la argumentación sobre el este:

El acimut en cuestión pasa directamente arriba y por eso parece indicar una relación especial tanto con una columna de piedra monumental como con una plataforma de cuatro escalinatas que soporta un trono de jaguar de dos cabezas. Ambos monumentos forman parte importante del alineamiento con Venus visto desde el Palacio del Gobernador, pero ninguno de los dos sería visible en la vista opuesta desde el sitio distante de Nohpat/Cehtzuc.

Esos complejos de columna de piedra y trono de jaguar tal vez identifiquen a Uxmal como capital política regional y centro del mundo. Pertenecen, al mismo tiempo, a la

representa una dirección de referencia particular a partir de Maní. En medio vemos un diagrama que muestra cómo se prorrataron las tierras con objeto de determinar los derechos comunales respecto a la tala de árboles, el pastoreo del ganado y así sucesivamente.

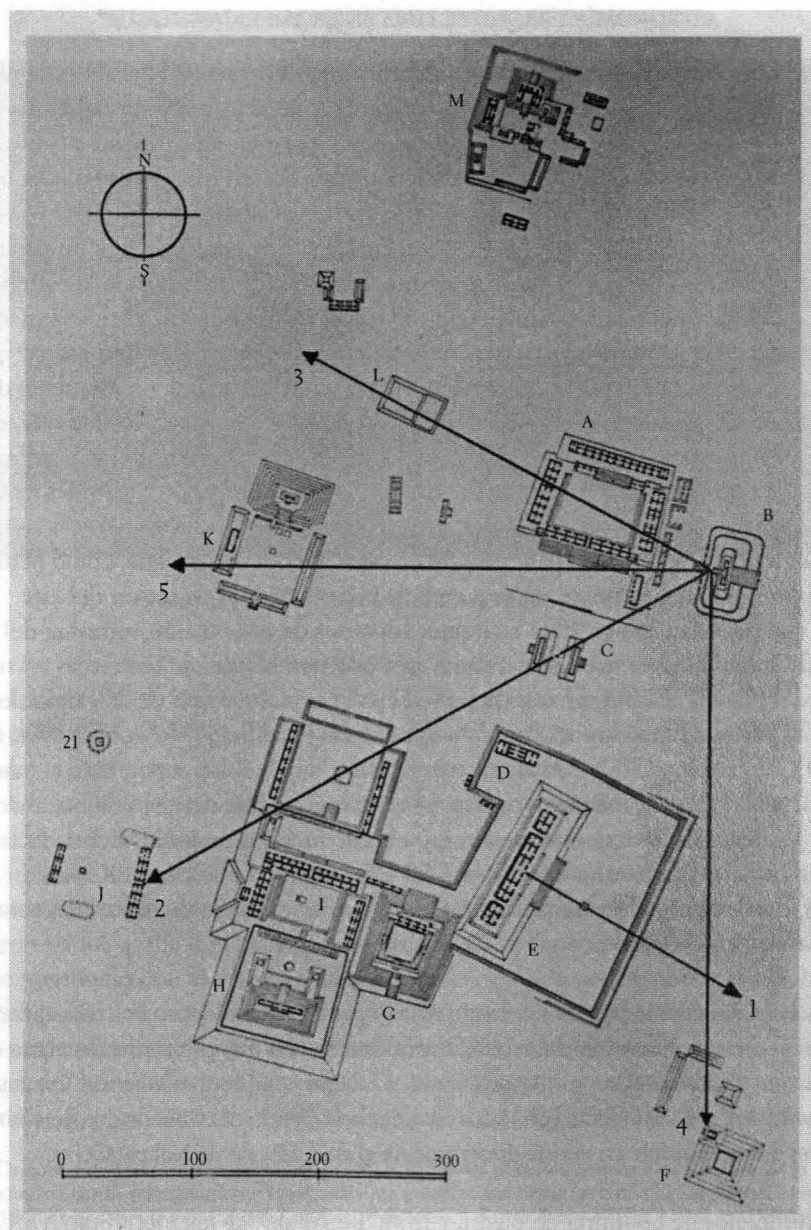


FIGURA 106. Plano de Uxmal en que se muestra la situación astronómica de los edificios. Flechas: 1) máximo sur del orto de Venus; 2) máximo sur del ocaso de Venus; 3) máximo norte del ocaso de Venus; 4) sur; 5) oeste. (Diagrama de H. Hartung.)



FIGURA 107. Alineamiento de un sitio a otro entre Uxmal y Cehtzuc: vista con telefoto a lo largo de una perpendicular trazada desde la entrada del Palacio del Gobernador de Uxmal. El alineamiento marca el extremo sur de Venus.

creación del mundo, que estaba ligada al establecimiento de aquel trono y a la erección de un árbol del mundo, conceptos mejor entendidos en el contexto de la aparición de Venus como estrella de la mañana. Otros testimonios iconográficos afloran en una posible representación en notación maya de punto y barra del intervalo de desaparición medio de Venus alrededor de la conjunción inferior (ocho días en el *Códice de Dresde*), esculpido sobre los ojos de los mascarones de Chac en las esquinas nor-este y noroeste de la plataforma superior del edificio (Aveni, 1989a, figura 6.14E). Recuérdese que, en la tabla de Venus del *Códice de Dresde*, precisamente se puede esperar ver a Venus salir por el este tras un intervalo de desaparición de ocho días.

Estas observaciones pueden tener una significación especial porque los mascarones de Chac esculpidos sobre la fachada del Palacio del Gobernador, y dispuestos en grupos de cinco como los ciclos de Venus en las páginas de la tabla del planeta en el *Códice de Dresde*, son los únicos de Uxmal que llevan el jeroglífico de Venus como elemento decorativo.³⁷

Resulta interesante que, sobre bases puramente iconográficas, Seler (1917, p. 112) ya hubiera formulado la hipótesis de que el Palacio del Gobernador estaba asociado con la adoración del planeta Venus. Si bien reconocía el alineamiento sesgado del Palacio respecto al plano general de Uxmal (p. 121), el sabio alemán sugería que éste tal vez fuera resultado de alguna característica natural. Seler al parecer no estaba consciente de que aquella desviación podría atribuirse a una orientación de Venus manifiesta mediante observaciones hechas desde la entrada principal del edificio.

Finalmente, Harvey y Victoria Bricker (1996) han analizado una inscripción jeroglífica puesta sobre la entrada principal del Palacio, entre una capa de serpientes bicéfalas que flanquean a una figura sin cabeza, presumiblemente el gobernante Señor Chac. Afirman los Bricker que la inscripción representa un Zodíaco, con muchos rasgos parecidos al del *Códice de París* (cf. figura 74). La línea superior del texto (figura 108) (línea I) es un mapa de constelaciones en la "base del cielo", correspondiente al alineamiento de Venus en un tiempo real. Venus (glifo Ilc, figura 108) no sólo se localiza en la posición correcta del Zodíaco para una aparición real como estrella de la mañana, sino que también va seguido del Sol pronto visible (glifo de kin, Ile).

La construcción del eje Uxmal-Cehtzuc ocurrió hacia la misma época en que los

³⁷ Véase el estudio de Foncerrada (1965) sobre la escultura de Uxmal, donde se explican y analizan los tipos de mascarones encontrados. Una búsqueda en el estudio de Hissink (1934) sobre los mascarones de Chac en toda la zona Puuc no reveló un solo ejemplo ajeno a Uxmal que exhibiera el glifo de Venus como parte del diseño; sin embargo, sí observamos que algunos de los mascarones del costado norte de Las Monjas de Chichén Itzá (la fachada que da a El Caracol) muestran el símbolo del planeta. Como los mascarones del Palacio del Gobernador, éstos también fueron dispuestos en grupos de cinco, de acuerdo con el formato de un ciclo de Venus por página de la tabla correspondiente del *Códice de Dresde*. No hemos encontrado ningún otro mascarón de Chac que lleve el numeral 8.

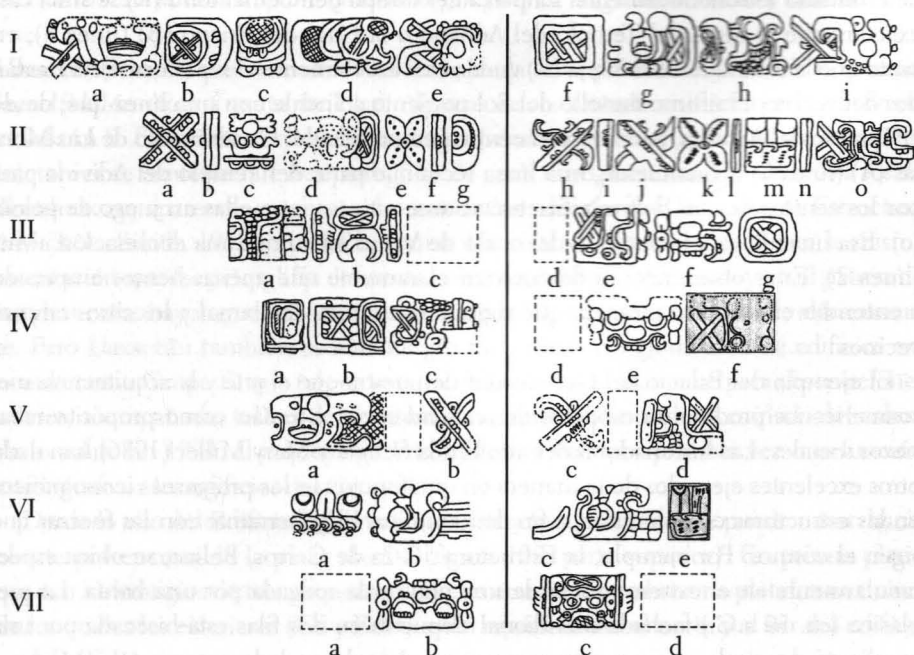


FIGURA 108. Iconografía en el Palacio del Gobernador. Compárense las representaciones zodiacales con las que se muestran en la figura 74. Nótese el glifo de Venus en IIc y el glifo de Sol en IIe. (Cortesía de Harvey Bricker y del Cambridge Archaeological Journal.)

mayas trabajaban en la Plataforma Inferior de El Caracol de Chichén Itzá, fijándolo para que se alineara precisamente con otra posición importante de Venus en el horizonte que pudiera emplearse en la elaboración del calendario. Al parecer, los influentes toltecas compartían el interés de los mayas por el planeta Venus. En Chichén Itzá, lo manifestaron arquitectónicamente en un edificio circular y no en una gran estructura rectangular como el Palacio del Gobernador de Uxmal. En el caso del Templo 22 de Copán, usaron una angosta hendidura única practicada en un edificio rectangular, a escuadra con el plano general del Patio Oeste. La relación astronómica del eje Uxmal-Cehtzuc apoya directamente el testimonio jeroglífico y geográfico de que la cosmología, y en particular el planeta Venus, desempeñaba un papel importante en la planeación territorial en gran escala de los mayas.

Otras características del plano de Uxmal delineado en la figura 106 sugieren que el emplazamiento relativo de los edificios dentro de la ciudad también puede haberse

determinado astronómicamente. La plaza del Grupo del Cementerio (K) se sitúa casi exactamente al oeste del Templo del Adivino o la Casa del Enano (B) (línea 5), en tanto que la Pirámide de la Vieja (F) queda casi exactamente al sur (línea 4). A mediados del verano, el último destello del Sol poniente coincide con una línea que, desde el Templo del Adivino, pasa sobre el centro geométrico del Cuadrángulo de Las Monjas (A) (línea 3) y, finalmente, una línea recta que parte del Templo del Adivino pasa por los centros exactos de tres estructuras consecutivas, entre ellas un juego de pelota (c). Esa línea llega a la posición del ocaso de Venus en su máxima declinación al sur (línea 2). Estas observaciones demuestran claramente que apenas hemos empezado a entender el proyecto cósmico que rigió la estructura de Uxmal y los sitios circunvecinos.

El ejemplo del Palacio del Gobernador demuestra que el arte y la arquitectura meoamericanos produjeron modelos de realidad social y tenían como propósito crear nexos sociales. Las historiadoras del arte Linda Schele y Mary Miller (1986) han dado otros excelentes ejemplos de la manera en que funcionan los programas iconográficos en las estructuras ceremoniales, a fin de identificar al gobernante con las fuerzas que rigen el cosmos. Por ejemplo, la Estructura 5C-2a de Cerros, Belice, se ubica espectacularmente en el extremo norte de una península rodeada por una bahía. La preclásica (ca. 50 a.C.) fachada meridional dispuesta en dos filas está bisecada por una escalinata decorada con enormes mascarones. Los de un lado representan al Sol naciente en el este precedido por Venus como estrella matutina, en tanto que los del lado opuesto significan el Sol poniente en el oeste seguido por Venus como estrella vespertina. Como el Templo 22 de Copán, el edificio se orienta en tal modo que los elementos iconográficos se alinean con la dirección general de los desplazamientos del Sol y de Venus (Schele y Miller, p. 106). Imagínese el efecto causado en un plebeyo que contemplaba desde abajo aquella pesada estructura de extravagantes esculturas, tal vez durante la ejecución de una danza ritual que se llevaba a cabo sobre sus terrazas:

De pie, abajo de aquel edificio en alguna ocasión ritual, el campesino maya veía a su gobernante erguido como centro de ese programa simbólico que representaba el movimiento de cuerpos celestiales en su orto y su ocaso. Detrás de su rey, veía al Sol y a Venus, su gemelo, salir realmente en el este y hundirse en el oeste, duplicando los símbolos del monumento que definían el orden social y cósmico. Al ocupar su lugar en el ápice del programa simbólico, el rey declaraba ser la fuerza causal que perpetuaba aquel orden.

Estructuras del Grupo E: ¿observatorios solares, alegorías o lo uno y lo otro?

Uaxactún es un importante sitio Preclásico de la selva pluvial de El Petén, Guatemala, a 19 kilómetros al norte de Tikal. Algunas de sus estructuras fueron erigidas desde el baktún 8. De nuestra exposición anterior (véase también el apéndice a este capítulo), tal vez se recuerde que tres petroglifos de cruz, cuyo diseño es casi idéntico a los de Teotihuacan, aparecen en el piso de uno de los edificios de Uaxactún, la Estructura A-V (A. L. Smith, 1950, pp. 21-22, figuras 15a, 60, 61, 62). Sus ejes tienen la misma orientación que los petroglifos del centro ceremonial de Teotihuacan y en el patrón de los elementos hay sugerencias de que ambos pueden estar vinculados calendáricamente. Pero Uaxactún también es notable por un curioso conglomerado de edificios conocido como Grupo E, que tal vez se haya utilizado exclusivamente para observaciones solares, acompañadas tal vez de un ritual concomitante asociado al cuidado del calendario solar. En 1924, el arqueólogo Franz Blom señaló por primera vez una función astronómica a los edificios del Grupo E.

Desde lo alto del Edificio E-VII sub, una estructura piramidal, se puede mirar hacia el este por encima de la plaza abierta (figura 109, parte superior). En primer plano quedan los vestigios de tres pequeños edificios construidos sobre una plataforma única, de los cuales los exteriores (E-I y E-III) están equidistantes al norte y al sur del edificio central (E-II).

Nuestro estudio del Grupo E (Aveni y Hartung, 1989) preguntaba: Visto desde varios puntos escogidos de E-VII, ¿sale el Sol sobre los tres edificios, al este (E-I-E-III) en el solsticio de junio, los equinoccios y el solsticio de diciembre, respectivamente? La mejor concordancia con un observatorio solar en funcionamiento corresponde al caso en que un observador, de cara al este, estuviera situado a alrededor de cinco metros sobre el nivel del suelo, exactamente arriba de la escalinata central del Edificio E-VII sub.

En la parte inferior de la figura 109 se muestra un esquema evolutivo de la creación del complejo del Grupo E, en el que *a*), *b*) y *c*) representan tres fases de construcción. Del lado izquierdo de la figura están las vistas laterales de un observador que mira al este en cada fase; las vistas de la derecha muestran lo que ve el observador. En la primera fase, *a*), de la construcción, E-VII se levantó cuando menos hasta el nivel del Punto A, desde el cual se ve al Sol salir sobre el horizonte natural. El Montículo Este se construyó precisamente hasta la altura adecuada que se adaptara a las salidas naturales del Sol y se le dio la anchura apropiada para englobar el curso anual del astro a lo largo del horizonte. Mirando hacia el este a través de la plaza abierta (*a*, izquierda), los ojos del observador habrían estado aproximadamente al nivel de lo alto de la plataforma del Montículo Este ($h = 4.6$ m), que correspondía al nivel del horizonte natural.

Desde ese paisaje se podrían haber derivado los alineamientos del Sol en ambos solsticios (*a*, derecha, 1 y 3) y, en el punto intermedio entre ambos (el este verdadero), el alineamiento equinoccial 2). Los constructores podrían entonces haber transferido esos alineamientos del entorno natural al espacio arquitectónico ceremonial, agregando los edificios E-I, E-II y E-III (*b*, derecha, 1, 2 y 3). Desde el punto en que se apostara el observador (*b*, izquierda), las partes superiores de las terrazas individuales habrían quedado $3\frac{1}{2}^{\circ}$ arriba de la parte superior del Montículo Este y del horizonte natural.

Las salidas del Sol en los solsticios de junio y diciembre se desvían en su acimut todo un disco solar de los bordes de ambos templos (*b*, derecha, 1 y 3), pero lo hacen de manera que las habría hecho visibles del mismo modo, apareciendo el sol en el solsticio de junio a la izquierda del borde norte de E-I, en tanto que el Sol en el solsticio de diciembre era enteramente visible a la derecha del borde sur de E-III (figura 109, arriba). La desviación corresponde a una distancia de sólo 0.5 metros a lo largo de las terrazas de esos edificios, pero como el Sol avanza muy lentamente a lo largo del horizonte hacia la época del solsticio, el complejo del Grupo E no habría ofrecido ningún medio preciso de señalar las fechas de su acaecimiento.

Una vez ubicado E-II sobre su plataforma (*b*, derecha, 2), la salida del Sol en el equinoccio no habría podido observarse en la arquitectura terminada, pues se habría interpuesto el edificio, haciendo disfuncional el alineamiento equinoccial. Consecuentemente, el complejo del Grupo E de Uaxactún sólo debe considerarse como un observatorio del *solsticio* en funcionamiento (aunque no preciso) y no como un observatorio del equinoccio.

A medida que seguían adelante las fases de construcción posteriores de E-VII sub (*c*), la altura de la pirámide aumentó de 3.30-3.50 metros hasta alrededor de ocho metros (*c*, izquierda). La cima de la pirámide secundaria (E-VII) quedó entonces a 13-15 metros sobre el piso de la plaza. De ese modo, con el transcurso del tiempo la perspectiva astronómica debe de haber cambiado considerablemente. Para esa fase ulterior del desarrollo, todas las salidas de Sol habrían tenido lugar a lo largo de un horizonte natural que quedaba muy por encima del nivel de la plataforma y sus tres edificios (*c*, derecha). Es probable que para entonces el complejo no haya podido funcionar en ningún sentido como observatorio solar. Esas transformaciones arquitectónicas sugieren que probablemente una disminución del orden y de la simetría astronómicos haya acompañado a un abandono de su proyectada función original.

La disposición de tipo Grupo E aparece en la arquitectura de varias docenas de sitios, situados en su mayor parte dentro de un radio de 100 kilómetros en torno a Uaxactún; por ejemplo, se han descubierto estructuras de tipo Grupo E en las ruinas de Calakmul, Nakúm, Naachtún, Yaxhá, Uxul, Benque Viejo, Ixkún, Río Bec, La Muñeca y Cahal Pichik (figura 110). Rathje (1973) ha vinculado su florecimiento en las tierras

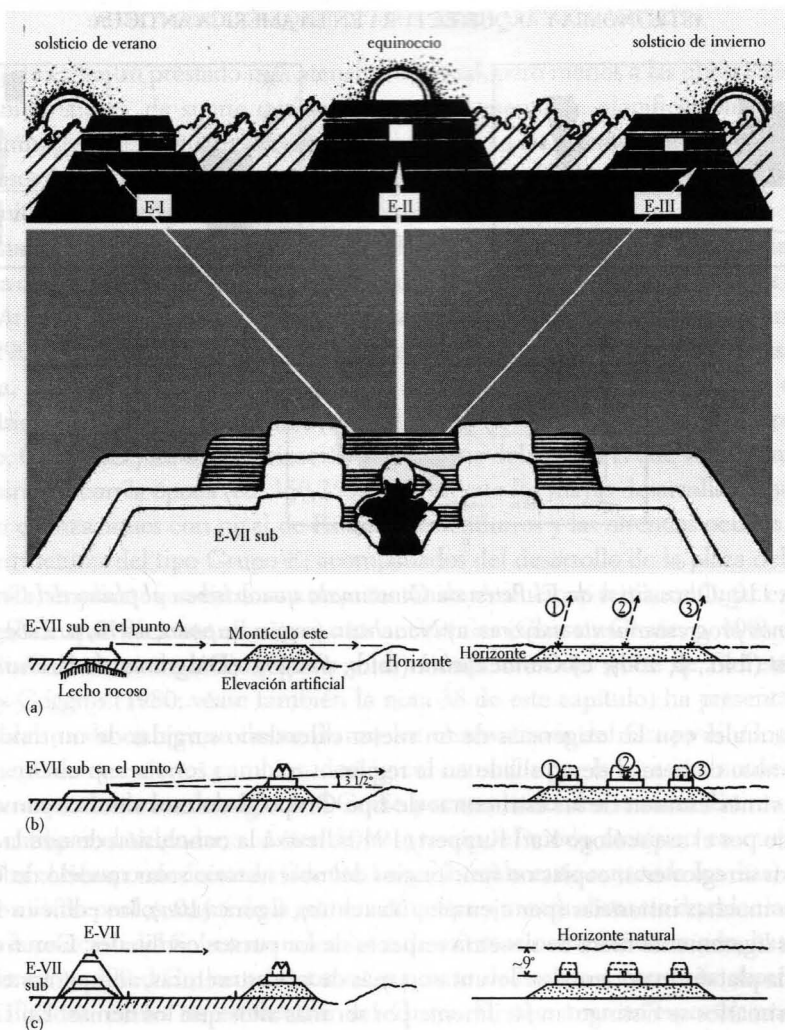


FIGURA 109. Arriba: Plano del Grupo E de Uaxactún que muestra la vista de las estructuras E-I-III del Montículo Este desde el "Punto A" de E-VII sub. Abajo: Plano de la evolución del Grupo E: a) alineamiento a nivel en el paisaje transferido a una plataforma artificial, con el observador en el punto A de E-VII sub; b) plataformas y edificios agregados a modo de que las posiciones del Sol deseadas (1, 2, 3) coincidieran con la arquitectura (la posición 2 ahora es funcional); c) E-VII sub ampliada y E-VII agregada posteriormente; cambios de perspectiva. El lado derecho muestra en cada caso la vista desde el punto A de E-VII. (Arriba: diagrama de P. Dunham; abajo: adaptado de Aveni y Hartung, 1989.)

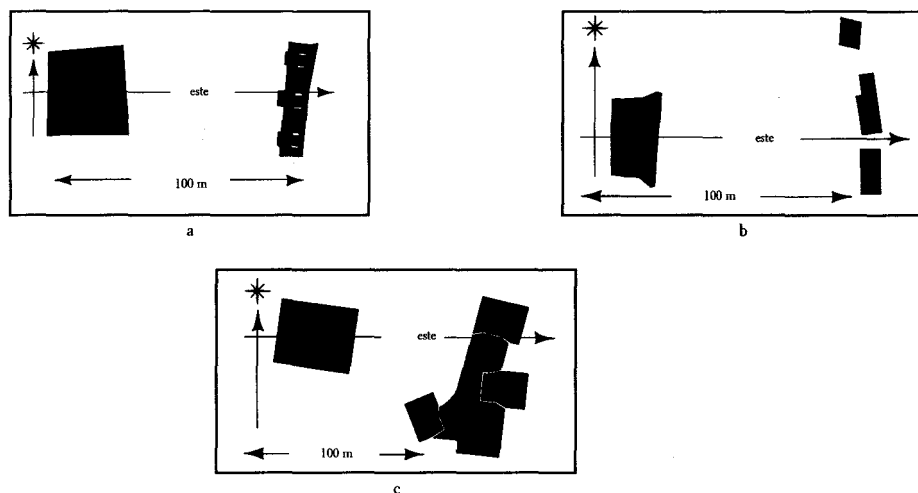


FIGURA 110. Otros sitios de El Petén de Guatemala que exhiben el plano del Grupo E a extremos progresivamente mayores: a) Naachtún (según Ruppert, 1940, p. 226); b) La Muñeca (ibid., p. 231); c) Cahal Pichik (ibid., p. 229). (Diagrama de P. Dunham.)

bajas centrales con las exigencias de un mejor calendario surgidas de un modelo de intercambio comercial desarrollado en la región.

Un primer examen de las estructuras de tipo Grupo E en esos sitios circunvecinos realizado por el arqueólogo Karl Ruppert (1940) llevó a la conclusión de que la mayoría de los arreglos eran copias no funcionales del observatorio solar modelo de Uaxactún. En muchas instancias (por ejemplo, Naachtún, figura 110a), los edificios fueron erigidos ligeramente fuera de simetría respecto de los puntos cardinales. Con frecuencia, en la plataforma oriental se levantaron más de tres estructuras, aunque los tres edificios primarios se distinguían fácilmente por ser más altos que los demás. En La Muñeca (figura 110b), el grupo de construcciones del este está más deformado y en Cahal Pichik (figura 110c) la disposición tiene tantos inconvenientes que incluso cualquier vaga similitud con el Grupo E es discutible. En todos salvo en uno de los 12 sitios estudiados por Ruppert, el eje longitudinal de los edificios del este muestra la conocida desviación al este de la línea norte-sur. Nuestras mediciones (Aveni, 2001) efectuadas en más de una docena de sitios excavados desde nuestro trabajo de 1986 en Uaxactún verifican estas conclusiones con pocas excepciones. Ruppert sugirió que, por tanto, es posible que el uso de la disposición de tipo E se difundió a partir de Uaxactún, tal como el uso de las cruces punteadas como calendarios y dispositivos para alineamientos puede haberse transmitido a ciudades bajo influencia de Teotihuacan. Las demás ciu-

dades tal vez hayan prestado más atención al ritual, pero menos a las observaciones astronómicas afines, de suerte que se adoptó el esquema de planificación general de Uaxactún, pero se renunció a la estricta suscripción a las orientaciones adecuadas. En esos casos, las estructuras parecen haber obedecido a una función geomántica y no astronómica.³⁸ Pero esta interpretación se ha recusado.

Existe la tendencia a creer que el Grupo E de Uaxactún fue el más antiguo de su tipo a causa de la precisión de su concordancia con los datos astronómicos, pero los arqueólogos Arlen y Diane Chase (1995), por una parte, y Juan Pedro LaPorte y Vilma Fialko (1990), por la otra, han encontrado antecedentes de la forma general de esa arquitectura, que puede fecharse arqueológicamente en el periodo de transición entre el Preclásico y el Clásico Temprano (ca. 300 d.C.) (E-VII sub pertenece al Preclásico Tardío, 0-200 d.C.) La estandarización de la forma del Grupo E que vemos en Uaxactún coincide con la época (ca. 150-250 d.C.) en que los mayas desarrollaron sus señorios en civilizaciones con nivel de Estado. Los entierros y las ofrendas ocultas de muchas estructuras del tipo Grupo E, acompañados del desarrollo de la plaza del Grupo E abierta, implican que esa forma arquitectónica evolucionó hacia un lugar en que la elite gobernante naciente ejecutara ritos ancestrales (Chase y Chase, p. 100).

Utilizando datos de la iconografía y las inscripciones del norte de El Petén, Clemency Coggins (1980; véase también la nota 38 de este capítulo) ha presentado otra teoría del modo en que se desarrollaron los observatorios del Grupo E. Coggins ha argumentado que ciertos cambios ideológicos causados por la invasión mexicana a la región maya alrededor del siglo IV d.C. dio por resultado una manera distinta de percibir y utilizar el calendario. Antes de la invasión, el modo esotérico en que la elite marcaba el tiempo mediante la Cuenta Larga (literalmente *contando* los días) al parecer fue aislado por los mayas de la manera empírica y menos abstracta de calcularlo marcando la posición del Sol en un calendario de orientaciones. De ese modo, hasta aproximadamente 400 d.C., los astrónomos mayas se dedicaron a construir observatorios especializados, como las estructuras del Grupo E, para marcar específicamente las posiciones del Sol. Con la llegada de extranjeros, las cosas cambiaron: por ejemplo,

³⁸ Lo cual no es sugerir que no hubiera rituales asociados a los esquemas de observación más precisos examinados en la sección anterior. Se considera que la palabra observatorio implica aquí que, independientemente de otras funciones, intervenía algún tipo de esquema de observaciones precisas. Para una exposición sobre ritual contra observatorio véanse Ruggles, 1999, y Zeilik, 1989, p. 155.

En Dzibilchaltún, muy al norte de la región de El Petén, encontramos otro posible arreglo del Grupo E. Aquí, las estructuras están invertidas, con el observador apostado en la entrada del Palacio de las Siete Muñecas, del lado este de la plaza y viendo hacia el oeste. Una vez más, la tercia de edificios —I. II. III— está girada al este del norte (3°). El observatorio solar de Dzibilchaltún sólo es funcional si admitimos a los constructores un error de tres a cuatro días en la determinación de los puntos equinoccial y solsticial del horizonte. Sin embargo, Coggins y Drucker (1988) han evocado a Venus para explicar la desviación. En cualquier caso, ni la forma ni la disposición general de los edificios ni la desviación al este del norte pueden ser accidentales.

antes del fin del siglo iv las estelas esculpidas celebraban acontecimientos dinásticos, en tanto que las inscripciones destacaban la terminación de ciclos puramente temporales. El establecimiento de las ceremonias de fin de katún en esa área coincide con su renuncia a la práctica de erigir observatorios de Grupo E. Especialmente en Tikal, hay sólidos indicios de que los grupos de pirámides gemelas sustituyeron a las estructuras de tipo Grupo E, cuando menos por lo que concierne a su función ritual.

Coggins cree que el motivo de esa reforma calendárica estuvo condicionado por la apreciación mexicana de una similitud entre los principios estructurales de su calendario de 260 días y la rueda de katún maya de 20 periodos de un tun, similitud que habría facilitado la propagación de sus propios conceptos del ritual calendárico entre sus nuevos súbditos. Si bien la hipótesis de Coggins sobre el cambio en los modos de computar el tiempo tiene cierto atractivo, no concuerda con todos los hechos y testimonios arqueológicos. Por ejemplo, no ha quedado claramente establecida, mediante los estudios de las inscripciones, la ruptura entre la celebración de acontecimientos dinásticos y los ciclos puramente temporales. No obstante, los esfuerzos de esta investigadora apuntan hacia una manera viable de situar los intereses celestes en el contexto de la organización política de los mayas.

Apoyo etnológico a los alineamientos con el horizonte

La sección anterior ha arrojado luz sobre algunos de los esquemas de observación vinculados a principios calendáricos que fueron incorporados en la arquitectura mesoamericana especializada. Otros más se pueden encontrar en el cuerpo de referencias sobre arqueoastronomía que se da en la bibliografía. Pero, antes de pasar a una categoría enteramente distinta de arquitectura astronómica, haremos una breve exploración de algunos indicios pertinentes del registro contemporáneo perteneciente a la observación del cielo en el horizonte.

En la actualidad, el pueblo ixil de Guatemala aún marca con gran esmero el Sol en el horizonte, manteniendo vivo así el arte de llevar el calendario que practicaban sus especializados abuelos (figura 111). En la década de los cuarenta del siglo xx, el antropólogo Stewart Lincoln esbozó y describió en una de sus libretas (por desgracia demasiado brevemente) un insólito observatorio solar contemporáneo existente en Nebaj, población cercana a la frontera entre Guatemala y Honduras. R. C. E. Long (1948), quien estudió las notas de trabajo de Lincoln poco después de su intempestiva muerte, cita una de ellas (p. 214): "En la actualidad, los zahoríes observan al Sol en la piedra, antes de la siembra y de la cosecha", dice la nota, a la que acompaña un boceto en el que se muestra una línea de observación, que va desde un punto de observación



FIGURA 111. *Reconstrucción de un esquema de observación usado en un “observatorio” contemporáneo del pueblo ixil de Guatemala. (Diagrama de P. Dunham.)*

por encima de una lejana piedra vertical (¿usada como mira o como alza?) hasta una depresión natural de la colina situada al este del poblado, por donde salía el Sol (OS en la versión modificada de la figura 111). Al mismo tiempo, una segunda línea (PS) pasaba por arriba de otra piedra hasta la misma depresión. Probablemente la usaba otro observador para obtener mayor exactitud al fijar el alineamiento, que debe de haberse dirigido al equinoccio solar, puesto que Lincoln da como fecha de observación el 19 de marzo. Una meticulosa serie de observaciones diarias, durante unos cuantos días alrededor del equinoccio, cuando el Sol tiene desplazamientos considerables en el horizonte (véase cuadro 11), se pueden usar para determinar con gran exactitud el principio de la primavera o del otoño. Otras piedras, que tal vez hayan figurado en las observaciones, se encuentran en el ángulo formado entre ambas líneas.

El antiguo método de calcular fechas (alternando 13 números con 20 nombres) que todavía practican los ixiles muestra que sólo ciertos días son favorables para el trabajo en el campo, por lo cual Lincoln tiene cuidado de anotar que, respecto de la siembra del maíz, “todos trabajaban rápido y terminaban ese día”. Asimismo, se le dijo que uno de los días favorables para matar un pavo caía precisamente un uinal y tres días después del 19 de marzo de ese año. Es posible que, tras el día en que se observa el equinoccio, deba transcurrir cuando menos un uinal antes de poder realizar ese acto.

El esquema que implica una doble línea de observación hasta un punto fijo único en el horizonte recuerda el usado en Alta Vista para observar el Sol en el solsticio de verano y el equinoccio de primavera desde dos puntos de observación distintos (véa-

se figura 80d). La disposición de Nebaj también evoca tanto la práctica hopi de observar las posiciones del Sol contra marcas naturales (véase figura 13) como los métodos para situar objetos en el horizonte mediante dos varas cruzadas (figura 6), salvo que, para obtener mayor exactitud, los mayas modernos parecían usar una mira o un alza.

El arqueólogo Edwin Shook ha notado similares disposiciones arcaicas de piedras en Monte Alto y Finca Naranjo, ambos cerca de la moderna ciudad de Guatemala, aunque no parezca clara la operación de ninguno de los esquemas de observación. Uno consiste en una piedra ubicada en el eje, con un agujero en el centro y de anchura suficiente para dejar pasar la cabeza de una persona hasta los hombros. La parte del agujero que da al este está cortada a modo de que el rostro deba quedar horizontal cuando se pasa la cabeza por él. Otras líneas de piedras, cuyo tamaño varía desde pequeños pedrejones hasta masas de 1.5 metros de altura, puntean el campo abierto que se extiende al este por una planicie de más de 540 metros de anchura. Shook cree que éstas sirven de puntos de observación o visuales inversas usadas en diferentes días del año, como en los alineamientos de Nebaj.

Finalmente, el etnólogo guatemalteco Rafael Girard (1948) examinó diversos observatorios solares que existían entonces cerca de Esquipulas, en la frontera entre Guatemala y Honduras. Aquí, el pueblo chorti sigue el calendario solar empleando marcas naturales de la topografía local para señalar las diferentes posiciones en que saldrá y se pondrá el astro. Por ejemplo, un observatorio localizado en Peña de Cayaguarca consiste en una plataforma desde donde el brujo local puede observar tanto las posiciones en que el Sol sale en los solsticios de invierno y verano como aquella en que lo hace el 8 de febrero, una importante fecha religiosa. Pero el punto más importante que vale la pena registrar en el paisaje es la posición en que el astro sale el día de su paso por el cenit. En el observatorio de Esquipulas y en otro observatorio cercano la principal línea de simetría es la que va desde la salida del Sol hasta el cenit, que figurativamente toma el lugar de la dirección cardinal del este. En el horizonte, picos con nombre propio indican los extremos solares y la posición en que el Sol sale en el equinoccio.

Hierofanías astronómicas

El Grupo E de Uaxactún, El Caracol de Chichén Itzá y el Palacio del Gobernador de Uxmal son ejemplo de edificios a los que hemos llamado "observatorios" a causa de la evidente precisión con la que marcan fechas calendáricas, aunque es muy probable que los edificios también tuvieran una función ritual. Estos monumentos deben contrastarse con un complejo de edificios de Palenque y con la joya de Chichén Itzá, el

Templo de Kukulkán (El Castillo), que tuvieron una función más simbólica: manifestar una hierofanía astronómica.³⁹

Antaño capital maya del oeste y considerado como puerta del inframundo maya, Palenque revela un plano complicado y aparentemente en desorden, debido en parte a su situación en el flanco de una colina, al borde de la selva pluvial. Pero las hierofanías astronómicas pueden haber desempeñado un papel decisivo en el emplazamiento y la orientación de muchos de sus edificios principales. La historiadora del arte Linda Schele (1977) ha imaginado un nexo sorprendente entre la torre cuadrada de tres pisos, que forma parte del complejo de El Palacio (a menudo llamado erróneamente observatorio, quizás por el solo motivo de su elevación), y el Templo de las Inscripciones, 100 metros al suroeste. Este último es el monumento funerario del Señor Escudo Pacal, gobernante de Palenque cuando la ciudad estaba en su apogeo, alrededor de 9.9.0.0.0 (en el capítulo IV hemos considerado sus inscripciones calendáricas). Sus restos, ornados con jade y con una máscara fúnebre, fueron encontrados en 1952 dentro de un sarcófago hermosamente labrado en la cripta construida bajo sus cimientos. La famosa tapa del sarcófago muestra a Pacal, quien desciende del Árbol del Mundo al inframundo. Asimismo, el 21 de diciembre, el Sol en el ocaso, visto desde la torre, se hunde en el Templo de las Inscripciones como para entrar en el inframundo a través de la tumba de Pacal. El ángulo de entrada es aproximadamente el mismo que el de la escalera por la que se desciende a la tumba. La hierofanía capta el momento en que el poder divino se transmite del finado Pacal a su hijo, el Señor Chan Bahlum, constructor del complejo de El Palacio, que alberga la torre. Las inscripciones y la iconografía de Palenque estudiadas por Schele concuerdan con la idea de una transferencia del poder de padre a hijo en el instante decisivo en que el Sol pasa entre el mundo intermedio y el inframundo, en el ocaso del día más corto del año: "El Sol en el solsticio de invierno entra en el inframundo por la tumba de Pacal y el acontecimiento representado simbólicamente en la tapa del sarcófago se reproduce literalmente cada solsticio de invierno" (p. 49).

El Tablero de la Cruz de Palenque (figura 112) nos ayuda a entender el contexto de la hierofanía. La obra representa uno de los intentos más gráficos hechos por los mayas para vincular el tiempo genealógico con el tiempo mítico. Ese tablero de estuco labrado, con sus figuras de tamaño casi natural, se ubica en un nicho del Templo de la Cruz, llamado así porque los primeros exploradores creyeron que el símbolo en forma de cruz del centro de la escultura representaba una cruz cristiana (en la actualidad se le identifica con el Árbol del Mundo que simboliza el eje que comunica el cielo con el infra-

³⁹ Definido por el historiador de la religión Mircea Eliade (1959, p. 11), el término *hierofanía* significa una revelación de lo sagrado en un objeto o acaecimiento en el mundo de otro modo profano. Para los mayas eso se manifiesta sensiblemente en un fenómeno de luz y sombra en el espacio arquitectónico dedicado a la adoración de los dioses creadores ancestrales.

mundo). El brazo de la cruz es una serpiente de dos cabezas y su parte superior está coronada por un ave enorme; ambas representan deidades celestiales, origen último del poder real. Es probable que Pacal sea la figura más pequeña de la izquierda. En el Tablero de la Cruz, entrega los símbolos del poder real a su hijo, Chan Bahlum, la figura de mayor tamaño erguida a la derecha del árbol de la cruz.

El Tablero de la Cruz muestra un gran momento de tensión: el punto de transición en la sucesión del reinado. Evidentemente, Chan Bahlum erigió el templo para celebrar ese importante acontecimiento. Una gran parte de la imagería en escena tiene que ver con los atributos del poder. La espina de pastinaca sacrificial, instrumento del sangrado de penitencia, aparece en la base a lo largo del eje de la cruz. El mismo símbolo se aprecia en la parte superior del cetro que Pacal tiene en mano en la representación de la izquierda. A la derecha, Chan Bahlum sostiene al dios bufón con pies de serpiente, un instrumento que connota el gobierno que acaba de recibir de su padre.

Las inscripciones del tablero (que no se muestran) son la expresión elocuente de la simetría que los mayas imaginaban entre los mundos natural y sobrenatural, enlazados entre sí por el hilo del tiempo. Los glifos de estuco hablan de acontecimientos en la vida del rey que se combinan con sucesos del pasado, muchos de los cuales se refieren a fenómenos astronómicos ocurridos realmente en Palenque. Las inscripciones de la mitad izquierda del tablero que flanquean al padre extinto datan del baktún 1, época que precede a la vida de Pacal por tres y medio milenios. Esos glifos ofrecen la cronología de acontecimientos legendarios: el nacimiento de los dioses de Palenque de los que se afirma que desciende Pacal, dioses que existieron incluso antes del principio de la época actual. En marcado contraste, en el texto escrito a la derecha del descendiente vivo de Pacal, el amanuense registró hechos históricos dinásticos: lo que nosotros llamamos tiempo real. A tono con las profecías katún y del Tzol kin, los gobernantes mayas anuncian los hechos mencionados en el lado derecho como repeticiones o consecuencias de los acontecimientos sobrenaturales esculpidos del lado izquierdo. Algunos sucesos casi históricos sirven de puente entre el nacimiento de los dioses y los señalamientos acerca del linaje de Pacal y su hijo en el pasado inmediato. Por ejemplo, se cree que un nombre escrito tanto en la parte inferior del panel izquierdo como en la parte superior de la derecha pertenece a un gobernante olmeca nacido en 993 a.C., que accedió al trono en 967 a.C. Como Pacal murió en el siglo VII d.C., poco después de lo cual se erigieron el Templo de la Cruz y el tablero conmemorativo, esa luminaria debe de haber precedido al rey de Palenque por casi 1 700 años; ¡un intervalo mayor que el que separa a Moisés de Jesucristo! Ese personaje seguramente fue legendario, cuando menos en parte. Esta misma yuxtaposición de escalas cronológicas reales y míticas, con interfaz legendaria, se repite en otros tableros de Palenque; por ejemplo,

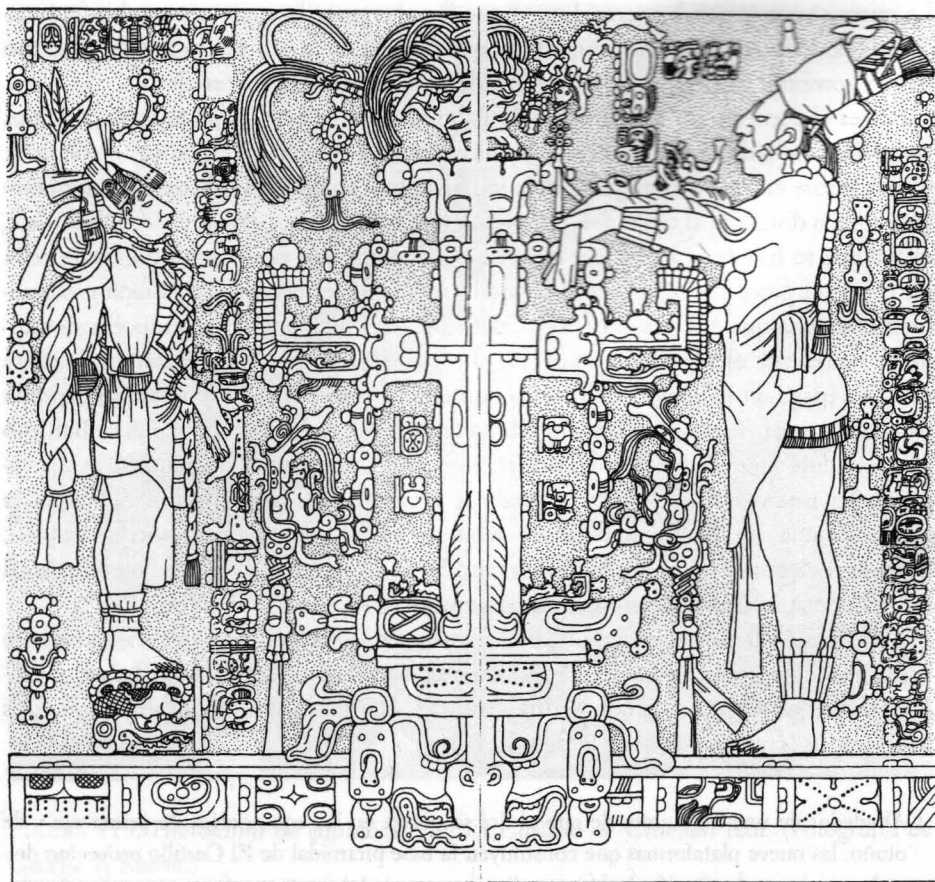


FIGURA 112. Tablero de la Cruz de Palenque. (Diagrama de Linda Schele.)

en el recién excavado Templo XIX hay la fecha del 10 de marzo de 3309 a.C., que vincula con las deidades ancestrales a un gobernante que vivió *ca.* 721-731.

Para los ciudadanos estadounidenses, la continuidad del gobierno está promulgada por la fe en el proceso democrático; para los mayas, lo estaba por la fe en los lazos de sangre. En el Tablero de la Cruz, el parentesco y los lazos de sangre dinásticos se proclaman como principio de la inmortalidad. Pacal dice al espectador que Chan Bahlum es su legítima extensión. Recurre a la analogía celestial y a fenómenos celestiales específicos, como los eclipses y las conjunciones planetarias (*cf.* pp. 167-169), a fin de validar el principio de continuidad de su gobierno. El mito de la creación maya dice que, cuando murieron, los antiguos dioses resurgieron en el este como el Sol y Venus.

Lo mismo ocurría con los reyes. Luego que Pacal conoce la apoteosis en el inframundo, sus poderes renacen en su hijo. Como la llegada de la primavera tras un invierno largo y sombrío, su vida resurgirá vigorizada en el cuerpo de su heredero.

Ése es el contexto de la hierofanía de Palenque. En la actualidad todavía podemos ver el Sol en el solsticio de invierno, el periodo de mal tiempo más prolongado del año, hundiéndose en el lugar en que está enterrado Pacal bajo el Templo de las Inscripciones, a poca distancia al oeste del Templo de la Cruz. En su hierofanía arquitectónica, el Sol que se hunde es Pacal que empieza su descenso en el inframundo, cuando da los primeros pasos por el camino temporal hacia su resurrección. En la tapa preciosamente labrada que cubre su sarcófago, debajo de la escalinata que conduce a su cripta, se representa claramente a Pacal en el momento de caer en el inframundo. Este mensaje juega en la imaginación maya con el tiempo cíclico. La muerte es necesaria para la vida: es la fuerza de creación última que produce el nacimiento. Chan Bahlum no solamente sigue viviendo — como continuación de su padre — sino que él es su propio padre, una visión resurgida y recreada de su predecesor sanguíneo en el ciclo de la vida cortesana. La muerte de Pacal no debió de ser un hecho lamentable; antes bien, debió de celebrarse, pues fue el primer paso hacia una gran transformación que dio al hombre perspicacia y admisión en el proceso de renovación y resurgimiento.

En Chichén Itzá se produce una hierofanía en que existe una sutil influencia de la luz y la sombra en la arquitectura mesoamericana. J. Rivard (1970) hace la mejor descripción de los fenómenos que ocurren en El Castillo, cuando el Sol se pone en los equinoccios (como lo muestra la figura 113).

Alrededor de una hora antes de que el Sol se ponga en los equinoccios de primavera y de otoño, las nueve plataformas que constituyen la base piramidal de El Castillo proyectan delgadas sombras sobre la alfarda de la escalinata norte, de tal suerte que forman una línea ondulante similar a la usada en tantas decoraciones de los edificios de esta región.

La unión de esta línea serpentina con la gran cabeza de ofidio encontrada en la base de la escalinata del norte ofrece la imagen impresionante de una serpiente de luz [...] A los pueblos antiguos que en este sitio adoraban una manifestación de ese tipo debe de haberles parecido una hierofanía de lo más imponente, dado que la serpiente era uno de los aspectos significativos de su experiencia religiosa (pp. 49-50).

Rivard presenta argumentos convincentes de que lo visto por él no fue mera coincidencia sino un propósito deliberado por parte de los mayas. Por ejemplo, señala que la alfarda del norte es la única con cabezas de serpientes gemelas de fauces abiertas en su lugar, aunque todavía se pueden encontrar fragmentos de esculturas similares esparcidos por el sitio. Aún más, los excavadores ya habían descubierto otro mini-Castillo



FIGURA 113. Hierofanía de equinoccio en El Castillo de Chichén Itzá. (Fotografía de George T. Keene.)

enterrado intacto dentro de las fachadas exteriores que vemos en la actualidad. Pero éste tiene sólo una escalinata, ubicada también en su lado norte. Llevando su argumentación más lejos, Rivard especula que la serpiente de luz podría estar deslizándose hacia el Cenote Sagrado:

Al fin y al cabo, se consideraba que ese pozo era la morada terrestre del Dios de la Lluvia, uno de cuyos símbolos es la serpiente. Lo que resulta todavía más interesante es el hecho de que la plataforma de Venus se localice a lo largo del camino al pozo en un punto por el que hay que pasar para dirigirse al Cenote Sagrado desde el Templo de Kukulcán. Ahora bien, Kukulcán, la Serpiente Emplumada, no es otro que el Quetzalcóatl de los toltecas y los toltecas reconocían en él la dualidad de Tlahuizcalpantehcutli y Xólotl. Sabemos que Xólotl no es sino el planeta Venus como estrella vespertina y que representa a Quetzalcóatl como el dios

descendente que se dispone a emprender su jornada nocturna a través del inframundo en compañía de Kinich Ahau, el radiante Dios del Sol.⁴⁰

El astrónomo Edwin Krupp, a quien debemos una excelente reseña de la bibliografía sobre la hierofanía (1982; véase también Carlson, 1999), ha señalado que una alineación similar de El Castillo y el Cenote Sagrado también existe en el lado sur de Chichén Itzá. Allí, la pirámide radial llamada Tumba del Supremo Sacerdote se alinea con el otro cenote de Chichén Itzá. Incluso existe una plataforma de Venus interpuesta entre ambos. Pero aunque la disposición arquitectónica sea la misma (salvo en que el eje se alinea en ángulos rectos con su equivalente del norte), ninguna serpiente de luz reptaba sobre la alfarda del Supremo Sacerdote. Tampoco baja ninguna sigilosa serpiente de equinoccio de la pirámide radial llamada también El Castillo en las ruinas de Mayapán, al oeste de Chichén Itzá, pese al hecho de que el obispo Landa nos dice que sus constructores habían erigido réplicas no sólo de El Castillo de Chichén Itzá sino también de su Caracol u observatorio de torre redonda.

Las cadenas luminosas en forma de diamante que se desplazan sobre la escalinata de El Castillo de Chichén Itzá tienen un claro parecido con los dibujos que muestra en el lomo la serpiente de cascabel indígena. El antropólogo Walter Morris encuentra esos mismos patrones en los dibujos tejidos por las mujeres nativas para decorar sus huipiles. Las mujeres de la cercana Cobá que producen esas coloridas blusas bordadas dijeron a Morris que para ser buena tejedora se necesita frotar el lomo de una serpiente. Dicen que cuando muere una serpiente le brotan plumas. Se transforma en "Kukikán" (Kukulkán) y emprende el vuelo. Luego se sumerge en el cenote para entrar en el inframundo, en donde seguirá viviendo. Cuentan que una serpiente así les pidió en cierta ocasión bordar el dibujo triangular en zigzag que llevaba en el cuerpo. La serpiente dice que las vigila tanto desde el cielo como desde la tierra de abajo de sus hamacas cuando trabajan y que si dejan de hacer lo que les pide, cuando mueran se les exigirá sentarse sobre el lomo de la serpiente y aprender todos los dibujos. En verano, el reptil muda de piel para renovar las estaciones y es él quien muele el maíz comparado cada año en la época de la cosecha.

Hay otras indicaciones presentes en el plano de construcción de El Castillo. Prime-

⁴⁰ Sin embargo, Rivard se anticipaba. En 1948, la fotógrafa estadounidense Laura Gilpin había publicado un libro de fotos de Chichén Itzá intitulado *Sunlight and shadow on the balustrade of the North Stairway*, que contenía un registro con leyendas de ese fenómeno. El libro muestra El Castillo con los siete diamantes luminosos tal como se vería en las proximidades del equinoccio. Infortunadamente, Gilpin no daba ni una fecha ni ninguna otra información. Una vez que el fenómeno fue bien conocido, empezaron a aparecer candidatos previos a descubridores. José Díaz Bolio (1982), autor de varias guías y de libros de información mayas, narra la historia de un guía llamado Arcadio Salazar que había visto una línea de ángulos luminosos proyectados sobre la fachada de El Castillo. Corría el año de 1928. Salazar aseguraba que había informado al arqueólogo mexicano Miguel Ángel Fernández, quien presenció el fenómeno con él al día siguiente. Díaz Bolio nos dice que Fernández publicó "en alguna parte" un breve artículo al respecto.

ro, se orienta cerca del solsticio, aunque Susan Milbrath (1988) haya presentado argumentos en favor de una orientación hacia la salida del Sol el día de su paso por el cenit (en la latitud de Chichén Itzá la diferencia entre ambas es muy pequeña). Como la pirámide es radial, y siendo el templo que la remata accesible por los cuatro costados, vista desde arriba se asemeja a los diagramas cuatripartitos del universo que los antiguos mayas pintaban en sus códices, los cuales muestran tanto a los cuatro dioses direccionales como a planetas, árboles y animales (véase figura 60). Las proporciones del monumento están cargadas de números y direcciones que revelan la organización del tiempo cíclico de los antiguos mayas. Landa decía que “tiene cuatro escaleras que miran a las cuatro partes del mundo [...] de noventa y un escalones cada una”. Cuatro veces 91 da el número de días de que se compone la versión calculada del año maya. El Castillo también tiene nueve plataformas: el mismo número del ciclo calendárico representado por los Nueve Señores de la Noche o del Inframundo. Y la escalinata que las biseca da por resultado 18 plataformas de cada lado, el número de meses de un año maya. Finalmente, están los tableros ahuecados que adornan cada fachada de la pirámide. Hay 52 de ellos, los mismos que el número de años de la rueda calendárica (el intervalo más breve en que el mismo día y mes del año de 365 días se alinean con el día y el número de día de la rueda sagrada de 260 días: $73 \times 260 = 52 \times 365$). Nos viene a la mente la observación de Alfred Jeremias acerca de los números del calendario y la arquitectura (véase las páginas 304-305 *supra*).

Últimamente, la hierofanía de la serpiente se ha convertido —o reconvertido— en un mito. Junto con la decisión gubernamental de declarar fiesta yucateca el día en que desciende la serpiente del equinoccio de primavera (al entenderse que ese día coincide con el natalicio del héroe y libertador mexicano Benito Juárez), la fiebre del milenio de los ochenta y los noventa ha hecho de la hierofanía un espectáculo de cultura *pop*. El antropólogo Quetzil Castañeda (1996) ha descrito esos hechos y analizado su impacto en la población local contemporánea. En un acto reciente había 45 000 celebrantes de pie en la plaza de 4 000 metros cuadrados que se abre ante El Castillo de las milenarias ruinas mayas de Chichén Itzá, lugar al que acudieron en auto, autobús, tren, avión y barco, de toda América y de todo el mundo. Los espectadores —personas religiosas, científicos en pos del documento fotográfico, turistas en vacaciones, gente en grupos, gente sola— estaban allí para observar los ondulantes diamantes luminosos sobre la alfarda noroeste de la pirámide escalonada. Algunos aseguran que cuando vieron la imagen con espalda de diamante descender por la alfarda estuvieron ante la misma imagen —el dios de la creatividad y la renovación de la vida— que los antiguos mayas veían 1000 años atrás sobre aquella que era la más monumental de todas sus obras sagradas, a la que también llamaban el Templo de Kulkán, la “Serpiente Emplumada”. El equinoccio, después de todo, es un tiempo de renovación.

Las hierofanías arquitectónico-astronómicas de Palenque y Chichén Itzá son difíciles de probar con cierta exactitud astronómica. Son arreglos estructurados en forma tan general que en ningún momento se puede haber tratado de que sirvieran de base para reunir observaciones calendáricas, como las que encontramos delineadas en los códices. Sin embargo, dichas hierofanías arquitectónicas, cuyo origen fenoménico está en la astronomía —combinando como lo hacen la naturaleza y las obras hechas por la mano del hombre— deben de haber ofrecido algunas de las experiencias religiosas más impresionantes que la persona común podía tener en el entorno al aire libre del centro ceremonial.

LA ARQUEOASTRONOMÍA EN NORTEAMÉRICA

Como la arqueoastronomía empezó a florecer de nuevo en las últimas décadas del siglo xx, ha habido mucha actividad por parte de los especialistas. Aunque se centre en las astronomías de la antigua Mesoamérica, tanto con propósitos comparativos como para suscitar discusiones sobre metodología, este texto también incluye, en las secciones finales del presente capítulo, una breve reseña de algunas de las obras más importantes en el mundo de la arqueoastronomía.

Empezamos por una breve exposición sobre la arqueoastronomía en América del Norte⁴¹ y América del Sur, limítrofes con Mesoamérica. Aquí, un historial menos completo indica que, aunque no desarrollado jerárquicamente como en Mesoamérica (salvo quizás en el Imperio inca), la intensidad y la evolución del oficio de observador del cielo fue parte vital de la cultura. En los estudios de caso que siguen descubriremos la variedad de usos del conocimiento astronómico y algunos esquemas ingeniosos para el establecimiento de líneas de observación astronómicas que vinculan obras de origen humano con el paisaje terrestre y con el firmamento. Algunos de los métodos empleados son similares, si no es que idénticos, a los que se presentan en el México antiguo, lo cual sugiere que algunas prácticas astronómicas pueden haberse difundido desde las grandes culturas hasta las civilizaciones en desarrollo de la periferia de Mesoamérica central.

El astrónomo John Eddy (1974) ha sugerido que los norteamericanos nativos no sólo marcaban con gran exactitud las posiciones de orto y ocaso sino que también lo hacían de manera similar a la de sus vecinos del sur. La Rueda de la Medicina de Big Horn (figura 114) es una de las varias docenas de ruedas con rayos formadas median-

⁴¹ En una reunión sobre astronomía en América efectuada en Santa Fe en junio de 1979, se abordó el asunto en 19 trabajos (43% del total). La astronomía indígena norteamericana parece ejercer una fascinación particular en aquellos que hoy ocupan la tierra antaño detentada por una raza de seres considerados como nobles salvajes.



FIGURA 114. *La Rueda de la Medicina de Big Horn, Wyoming. (Cortesía del USDA Forest Service.)*

te encadenamientos de grandes pedrejones (este tipo de estructura se llama así por el parecido de su plano circular con el de la casa de la medicina). Esos curiosos terraplenes, que datan de mediados del milenio pasado, se localizan a lo largo de las Montañas Rocallosas de Wyoming, Montana, Alberta y Saskatchewan. Midiendo típicamente de cinco a 15 metros de diámetro, las ruedas de la medicina muestran un patrón circular a lo largo de la periferia de sus rayos; algunas presentan montones de piedras en el centro o a lo largo de sus ejes.

Según Eddy, la importancia de la orientación se muestra en el mapa de la rueda de la figura 115. Las líneas de observación entre señalamientos al parecer fueron de naturaleza funcional: se alineaban con estrellas que aparecían heliacamente en fechas clave del año. La línea situada entre los señalamientos F y A señala hacia la posición del rojo Aldebarán y la que se sitúa entre F y B hacia la azul Rigel de Orión. Usando el señalamiento F como alza y el C como punto de mira, se puede ver a Sirio en el horizonte. Las tres eran estrellas prominentes que salían en el cielo estival de antes del alba, única época en que se podía usar la rueda, toda vez que durante los nueve meses restantes del año azotan a las montañas de Big Horn furiosas tormentas de nieve. Aún más importante es que el orto heliaco de cada una de esas estrellas se producía a inter-

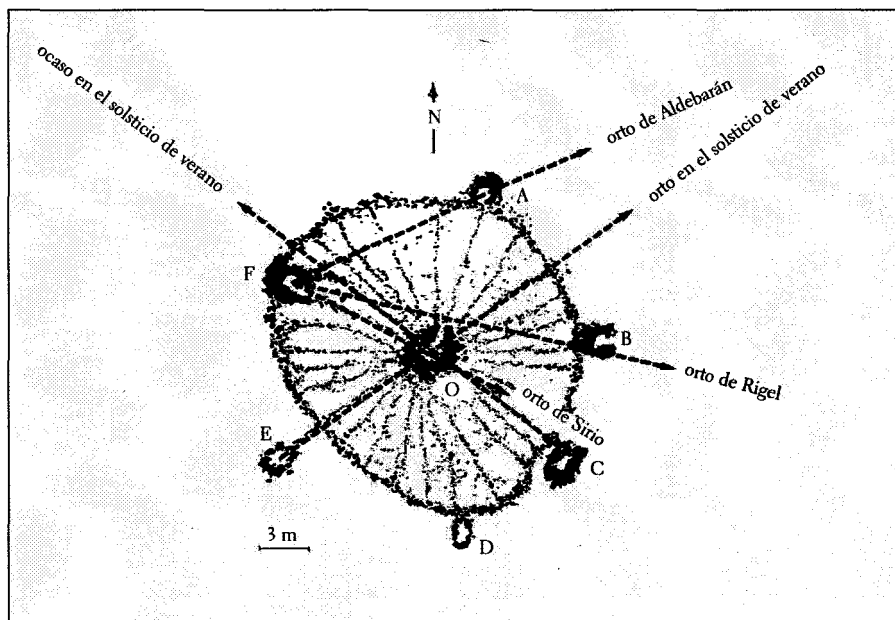


FIGURA 115. *Alineamientos astronómicos de Big Horn.* (Eddy, 1977, p. 152.)

valos de un mes. Una por una, señalaban las tres “lunas más cálidas” que había tras el solsticio de verano. La primera aparición de Sirio antes del alba, última de las tres estrellas en salir, servía de aviso para que el pueblo abandonara las montañas, porque pronto aparecería la última Luna antes de que empezara el invierno. (Recuérdese que la idea de valerse de un orto heliaco para anunciar un fenómeno celeste se encuentra plenamente desarrollada en Mesoamérica.) La hipótesis astronómica sobre la Rueda de la Medicina se ve fortalecida aún más por dos hechos adicionales: el alineamiento de EO apunta a la posición en que el Sol sale en el solsticio de verano y los 28 rayos de la rueda son equivalentes al número de lunas visibles en un mes sinódico lunar.

Comprendiendo que la duplicación de pruebas puede mejorar la validez de cualquier hipótesis científica y con ayuda del arqueólogo Thomas Kehoe, Eddy exploró posteriormente la Rueda de la Medicina de Mountain Moose, en el sureste de Saskatchewan. Eddy y Kehoe descubrieron que ésta registra los mismos fenómenos astronómicos que la rueda de Big Horn. También encontraron que, aunque más pequeña y con menos rayos, la Rueda de la Medicina de Fort Smith, Montana, también tiene orientación astronómica. Su rayo más largo apunta a la posición en que el Sol sale en el solsticio de verano (Eddy, 1977).

La teoría astronómica de las ruedas de la medicina, que **carece de los ricos testimonios etnohistóricos, etnológicos y jeroglíficos** de que **disponen los estudios** de alineamientos mesoamericanos, tiene algunos críticos (véase **Ovenden y Rodger, 1981; Zuidervijk, 1984; Haack, 1987a y 1987b**). La reseña más **completa** de los datos se debe a **Vogt (1993)**. Este investigador ha propuesto un **histograma general** de distribución de alineamientos de las ruedas de medicina, el cual **demuestra** que todos los alineamientos de Eddy se disuelven en una suerte general de **casualidad**. También ha criticado la exactitud de los cálculos de Eddy. Curiosamente, **Vogt concluye** que si bien no podemos medir el nivel de precisión o identificar los objetos astronómicos asociados a los alineamientos de las ruedas de la medicina, el interés astronómico sigue siendo la única explicación razonable que yace en el origen de las orientaciones (p. 191).

Las estructuras de piedra en las redondas ruedas de la medicina mantienen una relación reconocible con Stonehenge, el arquetipo histórico de los estudios de orientación astronómica. Pero los críticos de la hipótesis astronómica sobre las ruedas de la medicina han sugerido que la función primaria y tal vez única de las ruedas era geométrica o que las ruedas simbolizaban el mandala (diseño circular, símbolo del universo). Pero la necesidad de encontrar una explicación única a cada artefacto antiguo puede ser producto de nuestro propio método de razonamiento occidental. No tenemos base para suponer que el indio norteamericano también haya perseguido un solo principio. Asimismo, en el nivel subconsciente, el símbolo circular de cierre es evidente en los diseños de cruces punteadas, acerca de las cuales podemos estar seguros de que funcionaban de diversos modos (véase apéndice A). A decir verdad, la explicación geométrica, que implica que el señalamiento con piedras se pueda derivar independientemente de cualquier argumento vinculado con los alineamientos astronómicos, podría apoyar el argumento astronómico si comprendiéramos que el espíritu nativo norteamericano se engranaba a un tema de unificación más que a una estricta visión de causa y efecto sobre la naturaleza. Una rueda de la medicina que refleje tanto verdades geométricas y astronómicas como simbólicas parece concordar enteramente con lo que sabemos acerca de la visión precolombina.

Los indios de las Grandes Llanuras empleaban un esquema de alineamiento astronómico distinto. Se valían de un par de montículos de tierra, con frecuencia muy distantes uno del otro, para marcar el tiempo en el ciclo solar. Waldo Wedel (1967) ha estudiado en el centro de Kansas cinco de los llamados círculos de consejo, en busca de posibles orientaciones astronómicas. El investigador encuentra que estos arreglos aún funcionan en la actualidad como registros de solsticios, siendo el de verano el señalado con mayor frecuencia. Los pueblos pawnee y caddo de esa región estaban especialmente empapados en el conocimiento de las estrellas.

La visión que el skidi pawnee tenía del cosmos se refleja en el plano de sus chozas

de tierra.⁴² El domo abovedado de las chozas representa la esfera celeste y su planta circular imita el horizonte. Los postes que lo sostenían se plantaban en las direcciones semicardinales, simbolizando cada cual un dios estelar direccional; con frecuencia se les pintaba de distintos colores, a semejanza de las costumbres de sus vecinos mesoamericanos. La puerta de la choza se disponía de tal modo que el Sol naciente en el equinoccio iluminara un altar situado en su parte posterior.

Los cálculos detallados de Von Del Chamberlain (1982) sobre la geometría de la choza modelo sugieren que la vivienda no estaba diseñada tanto como observatorio sino antes bien como un aula en que pudiera aprenderse la importancia de las direcciones y las estrellas vistas por las diversas aberturas (sin descartar los solsticios, la Estrella Polar, Sirio y las estrellas de nuestra Corona Boreal [las llamadas Jefes en Consejo], todas las cuales se mencionan prominentemente en el registro etnográfico).

Entre las consideraciones primarias del diseño de las chozas estaban las siguientes:

1) selección de un sitio para la choza en el lado este de la aldea, con una vista sin obstrucciones hacia el este; 2) una cuidadosa orientación del eje de la choza a lo largo de una línea este-oeste; 3) una selección de parámetros dimensionales (diámetro de la choza, tamaño del hoyo para el humo y longitud, ancho y altura de la entrada) con base en la experiencia sacerdotal de la franja del skidi; 4) cuidado en la construcción del hoyo para el humo a fin de facilitar la observación; y 5) una ubicación adecuada de los cuatro postes pilares para las estrellas. Luego de terminarla, se habría podido agregarle adornos a fin de señalar lugares de interés como las líneas importantes de iluminación solar y los sitios donde sentarse a observar las estrellas más importantes. Todos los datos sugieren que, para realizar su trabajo, los sacerdotes usaban efectivamente las vistas encauzadas desde el interior de las casas, combinadas con panorámicas más generales desde el exterior (p. 179).

Examinados a escala microscópica, los planos que incluían la disposición de las chozas en el paisaje también poseen una importancia astronómica que podría ir mucho más allá de lo puramente simbólico. Por ejemplo, Alice Fletcher (1902), quien preguntó a informantes pawnees acerca del plano de su aldea a principios de siglo, informó que "había cinco aldeas que formaban un grupo central. Sus posiciones se determinaban por la posición de las estrellas que les habían dado sus oratorios y sus ceremonias. Alrededor de este grupo central se localizaban las demás aldeas de la franja del skidi, cada cual en una posición correspondiente a la que ocupaba la estrella de su oratorio, de suerte que las aldeas del skidi en la Tierra eran una imagen reflejada de sus estrellas en el cielo" (p. 734). Otras aldeas de los alrededores se diseminan sobre

⁴² Los pawnees no son los únicos en concebir el cosmos como un domicilio. Para otros ejemplos, que no sólo incluyen una orientación celestial sino también el nombre de las partes de la casa que corresponden a partes del cielo, véase Wilbert, 1981; Griffin-Pierce, 1992b, y Makemson, 1938.

el mapa que acompaña la obra de Fletcher. En la parte superior del diagrama aparece una aldea llamada Estrella del Norte, pero lamentablemente no se hizo ningún intento por identificar la otra docena de aldeas con estrellas reales.

Cahokia, el gran complejo de montículos norteamericano localizado en el centro del Valle del Misisipi cerca de San Luis, contiene los mayores terraplenes del norte de Mesoamérica. Hasta hace poco, Cahokia también ocultaba el testimonio de que sus constructores habían planeado y organizado un centro ceremonial de acuerdo con principios astronómicos. Allí se interesaron particularmente por registrar la posición del Sol en los equinoccios y los solsticios.

Excavando cerca del Montículo del Monje, la mayor de las estructuras de Cahokia, el arqueólogo Warren Wittry (1964) descubrió varios hoyos de postes espaciados de manera precisa y dispuestos en formas circulares (véase figura 116). La determinación de la fecha con carbono radiactivo reveló que aquel complejo fue erigido alrededor del siglo x d.C. Al mayor de los arreglos lo llama Wittry el “Woodhenge estadounidense”, término que emplea la terminación *henge*, aplicada habitualmente a las piedras colgantes o dinteles encontrados en Stonehenge. El modelo consiste de 48 hoyos, probablemente hechos para sostener postes enormes. Cada hoyo se halla exactamente a $7\frac{1}{2}^\circ$ de los hoyos contiguos, según se les ve desde el centro del círculo situado a alrededor de 70 metros del perímetro. Un observador colocado tras el “poste de observación” —usado como alza—, que se hallaba alrededor de dos metros al este del centro, podía haber fijado líneas exactas para la salida del Sol desde aquella posición excéntrica. El cuarto hoyo contado al norte o al sur del este se podía haber usado según aquella disposición como punto de mira para indicar los solsticios de verano e invierno, respectivamente. Una línea equinoccial exacta va desde el puesto de observación hasta el hoyo situado más al este.

Los tres hoyos restantes entre los extremos solares pueden haber marcado intervalos en el año solar, en tanto que los demás tal vez hayan formado parte de una cuenta calendárica.

La mayoría del centenar de montículos de Cahokia se orientan hacia los puntos cardinales; sin embargo, el Montículo de la Cerámica, localizado a 1 000 metros al sureste del centro de aquel complejo de 15 acres, se desvía 30° de la línea este-oeste y su eje se alinea con el que forman la salida del Sol en el solsticio de diciembre y la puesta del astro en el solsticio de junio. Grandes montículos elevados señalan los vértices del plano en forma de diamante que encierra a las ruinas en tres de los cuatro puntos cardinales. El eje norte-sur pasa por el Montículo del Monje, que también sirve de punto focal para una disposición geométrica de montículos cercanos formados en los ángulos de un triángulo equilátero.⁴³

⁴³ En su tesis sobre la arqueoastronomía en el sureste de los Estados Unidos (1979), Anne Daniel ha criticado las interpretaciones de Wittry.

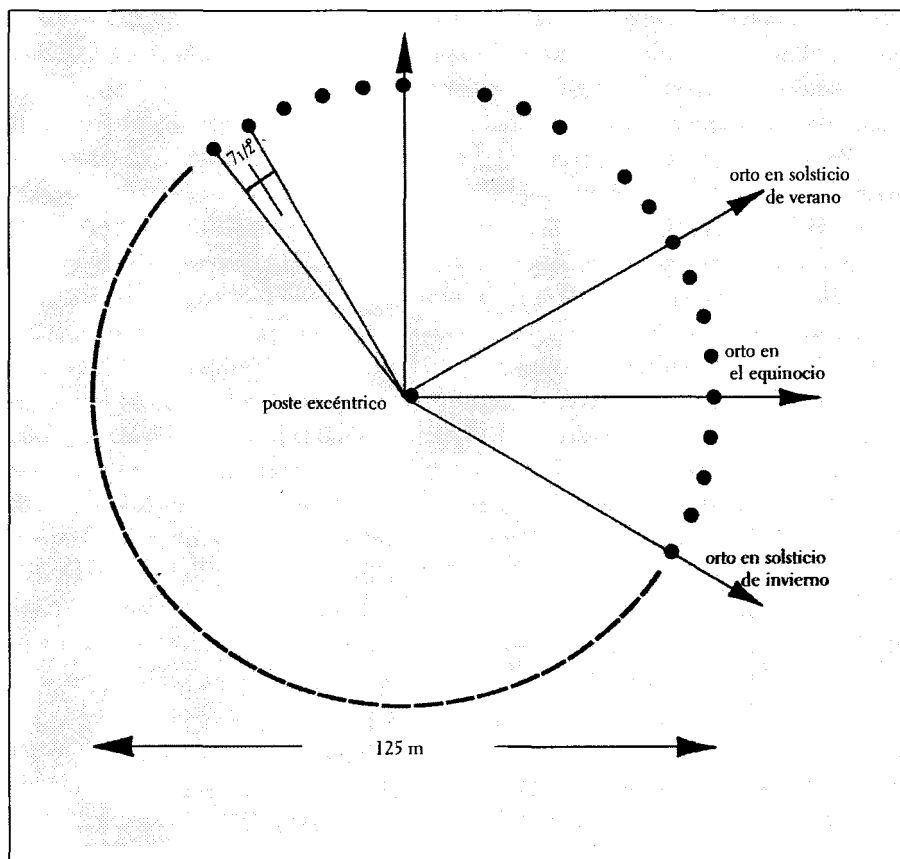


FIGURA 116. Un Woodhenge norteamericano. (Diagrama de P. Dunham según Wittry, 1963, p. 102.)

El “Círculo del Sol” de Woodhenge puede ser parte de un plano cósmico mayor que se refleja en conjunto en las ruinas de Cahokia. Marcan la periferia enormes túmulos sepulcrales al norte, al sur y al oeste. Domina el paisaje el Montículo del Monje, terraplén de cuatro terrazas y 32 metros de altura. Es de interés especial el Montículo 72, elaborado sitio funerario de un par de individuos prominentes, flanqueados por unas 300 personas de menor posición, junto con artículos comerciales extranjeros. Se alinea de 30° al sur del este a 30° al norte del oeste y podría haberse sesgado deliberadamente respecto a la línea del plano cuatripartito de Cahokia, a fin de orientarlo hacia el solsticio, según expresa el astrónomo Edwin Krupp (1977a).

Las observaciones astronómicas exactas eran una de las preocupaciones primordiales de los pueblo-anasazis del suroeste de los Estados Unidos. Breves temporadas de siembras, lluvias inconstantes mínimas y la necesidad de ubicar con precisión los momentos de la siembra y la cosecha eran varios de los motivos para que esas sociedades basadas en la agricultura observaran el cielo con detenimiento. Además de analizar las fechas de escenificación de la siembra ritual tanto de la caza como de la recolección, el astrónomo Michael Zeilik (1989, p. 145) cita como otros propósitos de la astronomía informar a los anasazis sobre el establecimiento de las direcciones sagradas, los oratorios y la mitología cósmica, siendo la tarea principal de los responsables del calendario prever las fechas de las festividades. Esa planeación detallada de las siembras ajustadas al desplazamiento del Sol en el horizonte recuerda el calendario de las estaciones fijado por los fenómenos naturales que se describen en *Los trabajos y los días* de Hesíodo (Aveni, 1989a, pp. 41-51). Stephen McCluskey, quien presenta un examen detallado de la precisión de las observaciones solsticiales en el sureste de los Estados Unidos (1990), duda de que esas observaciones llenaran una necesidad tan práctica; antes bien, él considera que funcionaron como hierofanías.

Además de emplear un calendario solar del horizonte, también servían para seguir el curso del Sol ciertos esquemas de luz y sombra que incluían marcadores de pared. Aún existen como ejemplos funcionales el Hovenweep Castle zuñi y otras estructuras de torre similares (Williamson, 1984). Su precisa operación para regular las temporadas de siembras se describe en el diario de uno de los primeros visitantes de los zuñis: "Tampoco puede el sacerdote del Sol errar en su observación del paso del tiempo; pues en zuñi hay muchas casas con marcadores en las paredes o con placas antiguas incrustadas en ellas, en tanto que una ventana convenientemente opuesta o un pequeño hoyo en la puerta deja pasar la luz del Sol naciente, que sólo brilla dos de las trescientas sesenta y cinco mañanas en el mismo sitio" (Cushing, 1941, p. 40). Pero, ¿fue ese esquema ideado deliberadamente para operar así o fue notado por los ocupantes *a posteriori*? ¿Mas qué importa? Zeilik ha dado una lista detallada de situaciones de horizonte (1989, pp. 149-151) y de luz y sombra (pp. 151-152) en esa área.

Los reclamos de precisión (Sofaer, Zinser y Sinclair, 1979) han hecho de la construcción de tres losas sobre Fajada Butte, en el Cañón de Chaco, Nuevo México, el sitio más controvertido del suroeste de los Estados Unidos. Aquí, una daga de luz formada por los rayos del Sol que se filtra por la hendidura abierta entre las losas, según se dice puestas allí deliberadamente, marca el mediodía solar en los equinoccios y los solsticios. Supuestamente intervienen también los extremos lunares (Sofaer, Sinclair y Doggett, 1982). Sin embargo, Zeilik (1985b) y Carlson (1987) han puesto en duda esas conclusiones, señalando que el sitio fue resultado de un desprendimiento rocoso natural que puede haber funcionado como oratorio o como observatorio. Los trabajos

interdisciplinarios como los de Hudson y Underhay (1978) sobre los chumash de California, muchos de los cuales incluyen esquemas de luz y sombra (véase también Hudson, 1984), han contribuido a que comprendamos la necesidad de los sistemas calendáricos entre los vecinos de los mesoamericanos al noroeste.

También se encuentran en Norteamérica edificios individuales con una orientación astronómica. El ejemplo más estudiado (y de los más controvertidos) tal vez sea el Templo del Sol de Mesa Verde, Colorado. Situado en lo alto de una amplia meseta, esta estructura en forma de D domina una vista general del horizonte en todas direcciones. Se ha sugerido, con algunas variantes, que el muro plano septentrional de la D se alinea con el Sol en los equinoccios, el Sol en los solsticios, varias estrellas brillantes y, finalmente, con nada. Pero el asunto parece quedar abierto a las interrogantes (Reyman, 1977). Considerando las latitudes más septentrionales asociadas con estos sitios, sería de esperar que los sistemas astronómicos centrados en el polo celeste mostrarán una práctica más difundida de la que se encuentra en Mesoamérica. En el Cañón de Chaco, Nuevo México, el astrónomo Ray Williamson y sus colaboradores (1975) encontraron dos kivas orientadas precisamente hacia la Estrella Polar. El antropólogo Jonathan Reyman (1976) descubrió en Mesa Verde una orientación menos precisa hacia la Estrella Polar. Puede haber sido común que los astrónomos norteamericanos antiguos registraran las vistas celestiales que tenían ante sí de un modo mucho menos abstracto que los mayas, quienes empleaban complejos sistemas como la elaborada Serie Lunar de jeroglíficos para registrar la edad y la posición de la Luna. Se ha informado que, en California, existen petroglifos que representan modelos complejos de constelaciones (véase, por ejemplo, Mayer, 1977). Aunque no sin críticas, se han presentado varias posibles representaciones de la explosión ocurrida en 1054 d.C que dio origen a la Nebulosa del Cangrejo (Brant *et al.*, 1975; Brant y Williamson, 1977). En ellas se muestra una estrella brillante con la delgada Luna en creciente que la acompaña, pues aparecían juntas a primera hora de la mañana del 5 de julio, día en que la "estrella invitada" brilló por primera ocasión con máxima luminosidad. En cambio, Florence Hawley Ellis (1975) cree que esos petroglifos son más explicables como vistas de la Luna en creciente y la estrella vespertina o matutina, que ocurren con mayor frecuencia y tienen mayor probabilidad de ser registradas por los cronologistas calendáricos concentrados en fenómenos cíclicos (y que tal vez no hayan compartido nuestra pasión contemporánea por documentar acontecimientos cósmicos cataclísmicos).

Como hemos visto en Monte Albán y Chichén Itzá con frecuencia una geometría extraña implica astronomía. Ése es el caso de los curiosos terraplenes atribuidos a la cultura Hopewell y fechados *ca.* 0-500 d.C., en los cuales ocurren singulares yuxtaposiciones de círculos y octágonos. El más famoso de los terraplenes se localiza en Newark, Ohio. Su superficie de 61 acres está rodeada de muros de varios metros de

altura perforados por boquetes en los vértices del octágono. En el siglo XIX ese terraplén funcionaba como un campo para ferias del condado, pero actualmente ha logrado popularidad en su forma de campo de golf. A 100 kilómetros de distancia, el terraplén de High Bank tiene una forma casi idéntica. El trabajo extensivo de inspección hecho por Hively y Horn (1982, 1984) en ambos sitios demuestra la precisión del trazo y establece el uso de una unidad de medición básica de 321.3 metros. Con base en su estudio de un gran número de círculos y octágonos, Romain (1996, 2000) propone una unidad común mucho más pequeña de 25.272 pulgadas (0.642 m), derivada de la longitud del brazo de un típico varón Hopewell en edad adulta. Hively y Horn sugieren que los alineamientos con los extremos lunares fueron incorporados en los planos de ambos sitios, aunque la elección de numerosas alzas y miras dificulta determinar cuál puede haber sido real y cuál fortuita. La reseña que hace Lepper (1998) de las fuentes americanas nativas corrobora la importancia de la Luna y su predominio sobre el Sol en diversas tradiciones. En el centro este de Indiana, los alineamientos solsticiales también parecen haber sido un factor en el diseño de las cercas de montículos construidos similarmente (Cochran, 1992).

En el sureste de los Estados Unidos ha habido pocos estudios de campo arqueoastronómicos. La antropóloga Elizabeth Benchley (1970) ha examinado alineamientos entre montículos sobre mapas de 32 sitios del Valle del Misisipi. La investigadora encuentra orientaciones solsticiales en 29 de ellos, con orientaciones hacia los solsticios en la mayor parte de los sitios. Aunque no se hicieron mediciones con teodolito en relación con este proyecto, sus resultados parecen ser estadísticamente significativos, pues sugieren que deben realizarse estudios de campo exactos. El análisis revela que la orientación hacia el solsticio es el alineamiento empleado más comúnmente, dado que ocurre con una frecuencia cuatro veces mayor que la de los alineamientos equinocciales.

En otro lugar del sur, el octágono de Poverty Point, al noreste de Luisiana (ca. 1000 a.C.), consiste de seis lomos concéntricos con una separación de 33 metros en promedio, que forman una herradura octagonal de 1.2 kilómetros de diámetro. Algunos huecos dejados en ellos crean cuatro avenidas que dividen la herradura en cinco secciones bien definidas, cada una de las cuales albergó antaño residencias a lo largo de los lomos. En el análisis astronómico más completo, Purrington y Child (1989) proponen que el alineamiento más probable era un ocaso de solsticio de invierno a lo largo de una de las avenidas. Según admite el propio autor, son problemáticos varios alineamientos estelares vía las perpendiculares a los lomos.

Aunque los datos arqueológicos y etnográficos sobre la práctica de la astronomía entre los pueblos norteamericanos nativos sean relativamente escasos, indican, como era de esperar que, juzgados conforme a los estándares habituales, los pueblos que vivieron en lo que hoy son los Estados Unidos continentales utilizaron modos menos

complejos que los de sus vecinos del sur para expresar su conocimiento del cielo. No poseían ningún sistema de escritura ni de notación elaborada que les ayudara en el desarrollo de la astronomía científica. No es de sorprenderse, pues las culturas del noroeste de México y los Estados Unidos nunca alcanzaron la posición de Estado o imperio a que se llegó en las civilizaciones maya y azteca. Aquí simplemente hubo menos necesidad de un cómputo del tiempo preciso y de una regulación estatal del calendario. Si bien pueden haber manifestado un profundo interés por nombrar a las estrellas y crear con ellas una mitología, los vecinos del norte de Mesoamérica mostraron menos interés por la utilización de ciclos celestiales en complejos esquemas de predicción, como los que fascinaban a los devotos encargados de la cuenta del tiempo que formaban parte de la corte real en las ciudades mayas de la Península de Yucatán. La abundancia de alineamientos solsticiales que se aprecia al norte de la frontera de México con los Estados Unidos tal vez refleje cierto interés en torno a la relación que los mayores cambios en la posición del Sol a lo largo del horizonte guardan con los extremos climáticos estacionales, más pronunciados a medida que nos alejamos del trópico.

Si pensamos en la cultura precolombina como en un fenómeno continuo y difundido, podríamos esperar otros paralelismos. La gente que construyó la Rueda de la Medicina de Big Horn y la choza de tierra cadoana concebía la unidad de espacio y tiempo del mismo modo que quienes diseñaron los petroglifos de cruz de Teotihuacan. El uso funcional de Big Horn como mecanismo para definir localizaciones espaciales específicas a lo largo del horizonte astronómico y el nexa entre las observaciones y la cuenta del tiempo reflejan el aspecto sumamente integral de los reinos del espacio y del tiempo tan predominantes en el pensamiento cosmológico mesoamericano. Tal vez tenga especial importancia que, en Big Horn, además del esperado uso dado comúnmente a la observación de los solsticios y los equinoccios, también encontremos que los ortos y ocasos heliacos se usan para señalar periodos calendáricos. Es especialmente importante apuntar que Sirio y Aldebarán, dos estrellas brillantes usadas en la orientación de los edificios en México, también aparecen en alineamientos localizados muy al norte. Todos los estudios de alineamientos mencionados con anterioridad han contribuido considerablemente al interés por el campo de la arqueoastronomía norteamericana. Los lectores que buscan reseñas mucho más completas deben consultar Williamson, 1984; Zeilik, 1989; Carlson y Judge, 1987; y McCluskey, 1990.

ARQUEOASTRONOMÍA EN EL MUNDO ANDINO

“La Astrología y la Filosofía natural que los Incas alcanzaron fue muy poca, porque [...] no tuvieron letras”, escribe en sus *Comentarios reales* (1984, p. 82) el cronista del

siglo XVI Garcilaso de la Vega, él mismo en parte inca. Aquellos magistrales constructores habían tomado posesión del Valle de Cuzco, erigido murallas y masivos templos de piedra y creado un imperio que se extendía por todo el occidente de la América del Sur antes de la Conquista española, todo ello en menos de un siglo. En realidad, una rica tradición cultural que se remontaba a Huari, Chimu y Nazca sirvió de base para el desarrollo de las ideas incaicas sobre la cosmología. Tal vez sea prematuro descartar la antigua astronomía andina considerándola poco importante por el hecho de que esa civilización no desarrollara ningún sistema elaborado de escritura, en la forma en que la concebimos, para preservar su calendario. Pero sí llevaba una cuenta de las cosas con un singular dispositivo llamado quipo.

Como se muestra en el dibujo de un cronista (figura 117), la característica principal de un quipo peruano (que significa “nudo” en lengua quechua nativa) era una larga cuerda de la que se desprendía una serie de cuerdas secundarias. Los nudos hechos en ellas indicaban números en un sistema de numeración decimal por posición. Los números que el cronista Felipe Guamán Poma de Ayala (1975) dibujó en el ángulo inferior izquierdo para acompañar la figura del *quipu camayoc*, un especialista en



FIGURA 117. Un especialista inca en quipo. (Guamán Poma de Ayala, 1975.)

quipo, probablemente obedecían a la intención de indicar detalles del procedimiento de conteo. Esos números tal vez no sean muy confiables, pues el artista olvidó dibujar nudos en el dispositivo. Al decir de los cronistas, el quipo servía para dos propósitos primarios: *a)* registrar números y *b)* ayudar en la memorización de la tradición histórica y cultural. El antropólogo Gary Urton (1997), quien ha explorado ambas tradiciones, encuentra que esos dispositivos van más allá de lo puramente mnemotécnico, a medida que ahora empieza a aparecer una incipiente gramática del quipo.

Una compilación completa de todos los datos que existen sobre el quipo (se conservaron más de 300 después de la Conquista) fue presentada por Marcia y Robert Ascher de la Universidad de Cornell (1978), y enriquecida recientemente por Urton (1997) y Conklin (1982). En los estudios por venir tal vez aparezca una relación con la astronomía y el calendario.

Poca duda cabe de que los pueblos andinos observaban el cielo con atención y eran capaces de determinar ciertos intervalos calendáricos del firmamento. Bauer y Dearborn (1995), junto con Ziolkowski y Sadowski (1989), han resumido los fenómenos celestes más importantes que interesaban a aquellos pueblos. Grandes salas de su Templo del Sol, en el distrito de Coricancha, Cuzco, estaban dedicadas a los cuerpos celestes más importantes: el Sol, la Luna e incluso Venus y las Pléyades (véase el diagrama en la figura 118). Según Garcilaso:

Otro aposento, de aquéllos el más cercano a la Luna, estaba dedicado al lucero Venus y a las siete cabrillas y a todas las demás estrellas en común. A la estrella Venus llamaban Chasca, que quiere decir de cabellos largos y crespos; honrábanla porque decía que era paje del Sol, que andaba más cerca de él, una vez delante y otras veces en pos. A las siete cabrillas respetaban por la extrañeza de su postura y conformidad de su tamaño. A las estrellas tenían por criadas de la Luna, y así les dieron el aposento cerca de su señora, porque estuviesen más a mano para el servicio de ella, porque decían que las estrellas andan en el cielo con la Luna como criadas suyas, y no con el Sol, porque las ven de noche y no de día [1984, p. 131].

A Venus, acompañante del Sol, se le reconocía como el mismo cuerpo así apareciera delante o detrás de él. Se observaban su orto y su ocaso heliacos. Se pensaba que el Sol había ordenado al planeta ir unas veces delante (estrella de la mañana) y otras detrás de él (estrella vespertina), pero permanecer siempre cerca.

Mis propios estudios de campo (Aveni, 1997, pp. 166-169) indican que el mismo Templo de Coricancha tiene cierta orientación astronómica y que las salas interiores opuestas miran hacia las posiciones de salida del Sol en el solsticio de junio y de la puesta del astro en el solsticio de diciembre en el horizonte de Cuzco. Las calles principales situadas en el entorno del templo también se orientan en esas importantes direcciones.



FIGURA 118. Objetos astronómicos de importancia para los incas. (Joan de Santa Cruz Pachacuti Yamqui, 1951.)

Una página (figura 118) de un manuscrito del cronista Joan de Santa Cruz Pachacuti Yamqui (1951), que data de poco después de la Conquista, es testimonio de la importancia de las constelaciones incaicas y del papel fundamental del Templo de Coricancha en las tareas astronómicas. Santa Cruz Pachacuti también destaca la visión incaica dualista y vertical del cosmos, que aún persiste en la actualidad (Isbell, 1978). Localizado en el centro de la capital del Imperio inca, el templo se muestra en una vista lateral, dividido en casa del Sol (izquierda) y casa de la Luna (derecha). Como estrella matutina a Venus claramente se le denomina “Chasca” (= “cabello hirsuto”) y

entre las estrellas representadas se encuentran las Pléyades y la Cruz del Sur (también se señala a otras en la figura). A las primeras se les llama “estrellas de verano”, probablemente porque a la latitud de Cuzco las Pléyades hacen su primera aparición en el cielo del este (EFIRST) después del ocaso, poco antes de la llegada del solsticio de diciembre (verano) en Cuzco. Se muestran 13 estrellas de las Pléyades, cantidad que parece factiblemente observable en el tenue aire andino. Abajo las vemos representadas también como los siete hijos de Viracocha, dios del trueno. La Cruz del Sur, llamada el “hogar” (¡con una quinta estrella agregada en el lugar adecuado!), aparece en el centro del diagrama bajo el altar oval de Coricancha. Se ha sugerido otra versión de la Cruz del Sur representada por el grupo de estrellas cercano al techo del Templo de Coricancha (¿o es una cruz cristiana?), con su eje dirigido directamente hacia el ápice del techo del edificio, que representa el Polo Sur. Como se muestra en el mapa de la figura 24b, el eje de la Cruz apunta a 5° del polo. Una representación alternativa de la constelación del techo se puede encontrar en Orión, con las tres estrellas del cinturón en medio y las brillantes Betelgeuse y Rigel como extensiones superior e inferior de la cruz. Curiosamente, en el borde izquierdo de la página y fuera del templo de Coricancha se dibuja una inconfundible configuración de Orión. En apoyo a esa identificación, la zona de la Gran Nebulosa de Orión se encierra dentro de un círculo, precisamente en el lugar correcto. A la derecha del diagrama aparece una posible constelación de nube oscura (*chuqui chinchay*).

Analizado de una manera puramente simbólica, el diagrama de Santa Cruz Pachacuti se puede dividir horizontalmente en tres estratos: el cielo (*arriba*), el mundo real (*al centro*) y el inframundo (*abajo*). Dividida verticalmente, el lado izquierdo de la hoja es masculino, mientras que el lado derecho pertenece a fenómenos de naturaleza femenina. El gato cósmico simboliza a “pacha mama” o madre tierra, el día de agosto en que la tierra fértil se abre (literalmente está lista para ser penetrada por el arado). Ha llegado el momento de plantar la simiente. También es el momento en que el Sol se sitúa directamente en oposición al cenit a medianoche. El rayo es la luz del Sol. Baja en el momento en que el astro pasa por el cenit. Aún se celebran rituales en esas importantes fechas del calendario (Isbell, 1978). El dualismo de la verticalidad se refleja en el diseño del antiguo Cuzco, donde se incluye una línea de observación astronómica que une el lugar en que aparece el Sol el día de su paso por el cenit con el punto del ocaso “anticenital” (Aveni, 1981b; Zuidema, 1981).

Los estudios del antropólogo Gary Urton (1981a) indican que los pueblos andinos modernos consideran a las Pléyades y a la cola de Escorpión dos grupos de estrellas opuestos, que ellos emplean en el ordenamiento del espacio terrestre. Por salir y ponerse en oposición están unidos en el plano del horizonte por un eje que pasa por la aldea del lugar (recuérdese la interpretación de los Bricker sobre las constelaciones mayas

del Zodiaco, p. 280). Los fenómenos de aparición y desaparición **vinculados a esos** grupos de estrellas se usan para establecer el calendario agrícola. **Urton sugiere que se cree** en la existencia de una relación de causa a efecto entre la **aparición de las Pléyades** y el rendimiento de la cosecha, porque la gente dice que si el **agrupamiento es grande** y brillante al salir por primera vez la siembra y la cosecha serán buenas. mientras que si es pequeño y tenue, el pronóstico es negativo. Tan prominente en el Hemisferio Sur y especialmente deslumbrante a causa de la atmósfera enrarecida de los Andes, la Vía Láctea es esencial para la cosmología quechua. Es "Mayu", el río celeste, continuación del decisivo sistema fluvial que corre por el Valle de Cuzco, vinculándose con sus partes más remotas por medio de una compleja serie de acueductos.

Según Urton, los modernos quechuas ven constelaciones negras cuando miran las oscuras nubes ensombrecedoras de la Vía Láctea del sur. Algunas de esas constelaciones zoomórficas, cuya aparición en el cielo él ha relacionado con puntos importantes de los ciclos de vida estacionales, se muestran en la figura 15. Entre ellas están Yutu, la perdiz (representada por la zona del saco de carbón); Machacuay, la serpiente (en la oscura región situada entre el Centauro y la Cruz del Sur), y una llama hecha de materia interestelar entre la Cruz del Sur y Épsilon de Escorpión (con Alfa y Beta de Centauro, dos joyas brillantes del cielo del sur, marcadas como los ojos de la llama).

Los incas también lograron en Cuzco lo que los mayas hicieron en Copán. Hay considerables pruebas históricas de que los incas utilizaron alineaciones astronómicas para demarcar ciclos agrícolas en el Valle de Cuzco y desarrollaron un esquema del centro a la periferia para incorporar el calendario en el paisaje (véase cuadro 27). Un sistema de mojones o pilares (figura 119), tendidos a lo largo del horizonte de Cuzco, servían de punto de mira para señalar posiciones del Sol, en tanto que un observador veía los acaecimientos desde algún sitio del centro de la ciudad. Como los españoles los destruyeron a fin de construir acueductos para su nueva ciudad, en la actualidad no queda ninguno de aquellos pilares. Aunque las crónicas posteriores a la Conquista abundan en información, el registro mencionado en ellas es un tanto confuso respecto del número de pilares y la localización del puesto del observador; pero ahora podemos estar seguros de que hubo más de un punto de observación.

El testimonio más confiable sobre las observaciones solares incaicas proviene de un cronista anónimo, quien nos dice que sobre la colina que domina Cuzco desde el oeste se construyeron cuatro pilares; los interiores estaban separados 200 pasos de los exteriores, en tanto que los dos intermedios se hallaban a una distancia de 50 pasos:

de manera que, entrando el Sol por el primer pilar, se apercibían para las sementeras generales, y comenzaban a sembrar legumbres por los altos, por ser más tardíos; y entrando el Sol por los dos pilares de en medio, era el punto y tiempo general de sembrar en el Cuzco, y



FIGURA 119. Albañiles incas constructores de los mojones. (Guamán Poma de Ayala, 1936.)

era siempre por el mes de Agosto. Es así, que, para tomar el punto del Sol, entre los dos pilares de en medio tenían otro pilar en medio de la placa [... pilar que] nombraban osno [ushnu], y desde allí tomaban el punto del Sol en medio de los dos pilares, y estando ajustado, hera tiempo general de sembrar en los valles del Cuzco y su comarca [Maúrtua, 1906, p. 161].

La colina del oeste debe ser el Cerro Picchu (figura 120), cuya cima queda apenas a dos kilómetros de la actual plaza de la ciudad, en donde se ubicaba el Ushnu. (En la actualidad domina el sitio una catedral.) La puesta de Sol anticenital (el 18 de agosto a la latitud de Cuzco) se produce tras una pendiente situada un poco al norte de la cima. A la supuesta distancia del sitio de la catedral, los pilares internos enmarcarían 1° del horizonte (dos diámetros solares), mientras que los “200 pasos” de la primera a la última columna representan 4° de separación angular. (Para una propuesta alternativa véase Bauer y Dearborn, 1995.) Se necesitarían alrededor de 15 días para que las puestas de Sol recorrieran el largo de la zona marcada por las columnas: intervalo razonable este para sembrar a distintas altitudes de las cercanías de Cuzco. Otros tres cro-

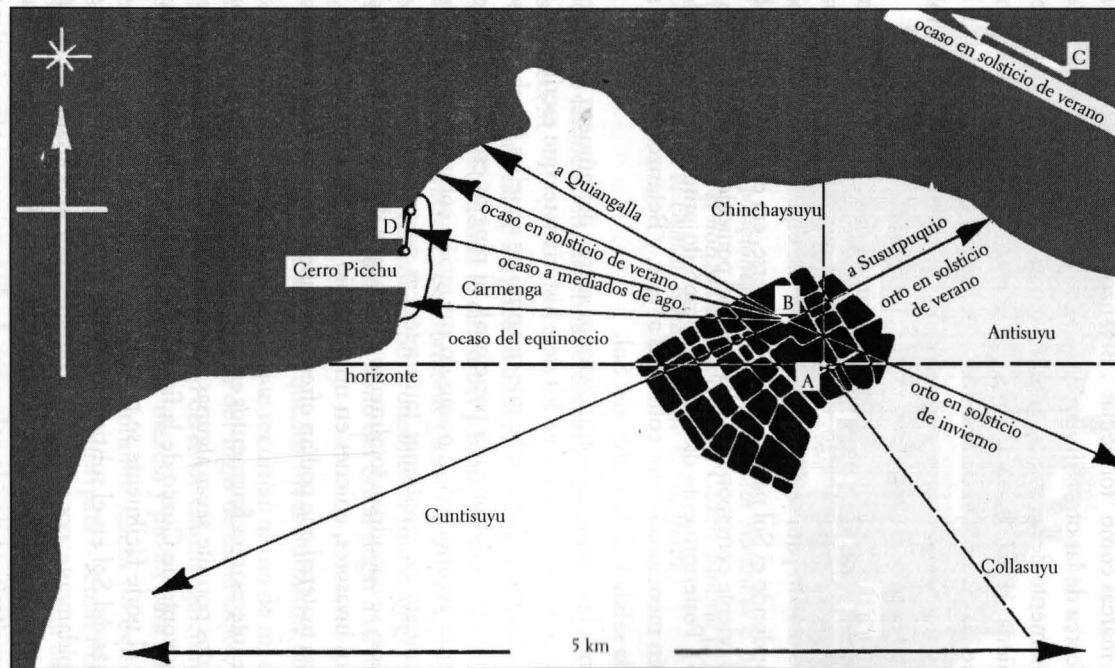


FIGURA 120. Plano esquemático de Cuzco; las líneas intermitentes que dividían a la ciudad en cuadrantes parten de Coricancha; se señalan pilares de observación y líneas de observación astronómicas (líneas continuas); el horizonte de Cuzco aparece en torno a la periferia de la ciudad como el límite entre la zona clara y la oscura: A) Coricancha, centro del sistema de ceques; B) el Ushnu, puesto de observación astronómica; C) lacco, estación utilizada para la observación de los fenómenos del solsticio de junio, localizada en una colina que domina Cuzco desde el norte; D) supuesta localización de pilares (sucancas) para el señalamiento de la temporada de siembras. (Diagrama de P. Dunham.)

nistas del siglo xvi —Pedro Cieza de León, Juan de Betanzos y Pedro Sarmiento de Gamboa— confirman lo esencial del argumento, pero no concuerdan en los detalles. Cieza (1973) sitúa las columnas en la montaña que domina Carmenga, la localización correcta, y describe las marcas como “torrecillas”. Betanzos (1968) llama a las marcas “pirámides” y las sitúa cerca de las otras; sin embargo, dice que específicamente se les usaba para indicar el momento de sembrar y también que se hacía más de una observación del ocaso. Sarmiento (1942) da a entender que se regulaban tanto las siembras como las cosechas y que los cuatro “postes” estaban espaciados a igual distancia. En la figura 121 se esboza el esquema de columnas de manera tan objetiva como es posible reconstruirlo con base en la información disponible.

Garcilaso también indica que las columnas, que él aún vio de pie en 1560, estaban dispuestas en grupos de cuatro; sin embargo, da a entender que se había erigido más de un conjunto y que se usaban para señalar los solsticios: “El espacio que entre las pequeñas torres había, por donde el Sol pasaba al salir y ponerse, era el punto de los solsticios; las unas torres del oriente correspondían a las otras del poniente del solsticio vernal o hiemal” (1984, p. 83). Posteriormente dice que su propósito primordial era astrológico. Sarmiento también menciona cuatro columnas al este, y Betanzos indica que se hacían mediciones de la salida y de la puesta del Sol.

No debe sorprendernos leer informes contradictorios acerca del número, la naturaleza y la localización de aquellas columnas en los siete historiadores que escribieron al respecto después de la Conquista. No se sabe que ninguno de aquellos hombres poseyera conocimiento alguno de la astronomía posicional, ni ningún escritor de origen español en aquel entonces reconocería al punto en sus recién conquistados súbditos paganos algún conocimiento en cuestiones tan esotéricas como la astronomía y el calendario. Tales prácticas se opondrían totalmente a la imagen de inferioridad que de los aborígenes tenían los invasores, quienes en un principio sólo se interesaron por la adquisición de la riqueza material que podían ofrecerles aquella tierra extraña y sus salvajes pobladores.

Aun así, la mezcla de interesantes fragmentos escritos después de la Conquista sobre las columnas incaicas nos permite sacar algunas conclusiones. Como se puede apreciar en el mapa del horizonte de Cuzco de la figura 121, en las colinas cercanas que bordean la ciudad por el norte fácilmente se podían hacer observaciones tanto de la salida como de la puesta del Sol en el solsticio de junio. Pero, al sur, el horizonte se aleja de Cuzco muy rápidamente; por ejemplo, el punto en que el Sol sale en el solsticio de diciembre está a más de 20 kilómetros de la ciudad. A esa distancia, para enmarcar el disco solar se necesitaría un par de columnas de dimensiones y espaciamiento extraordinarios, que no concordarían con lo descrito en las crónicas. Los resultados obtenidos al estudiar las inmediaciones del sur de Cuzco indican que las observacio-

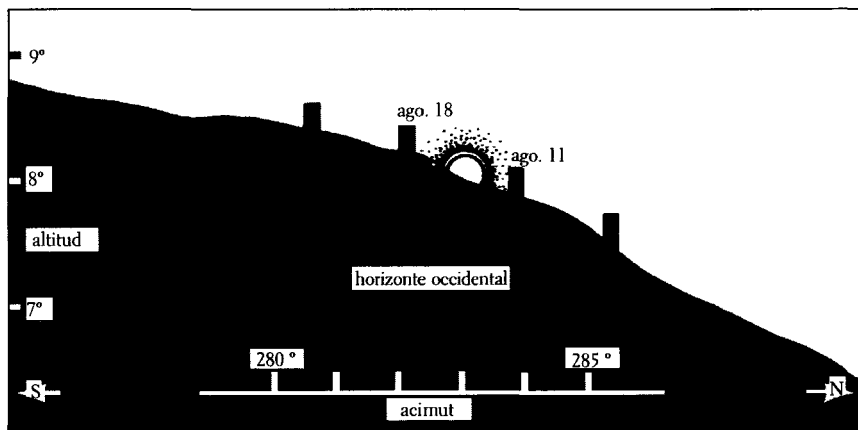


FIGURA 121. Las posiciones aproximadas de los sucancas o pilares que marcaban el curso del Sol sobre el horizonte occidental de Cuzco durante la temporada de siembras. La vista es desde el Ushnu. (Diagrama de P. Dunham.)

nes como las mencionadas en las crónicas simplemente no se pueden haber hecho en esa dirección.

Como la mayoría de los pueblos antiguos, los incas se interesaron por las posiciones oscilatorias del Sol. Dada la dificultad para determinar la fecha exacta del solsticio a partir de las observaciones del horizonte (véase capítulo III), habría sido razonable que los astrónomos del Hemisferio Sur concibieran una configuración de alineamientos múltiples para señalar el paso más lento del Sol al llegar a su límite de junio (invierno en el sur del ecuador).

Unos cuantos cronistas sugieren que los incas utilizaron otro sistema de contar el tiempo, basado en el paisaje, en el que recurrían al uso de un dispositivo semejante al gnomon. Cieza (1973, p. 214) habla del lugar de observación desde el cual los incas observaban la puesta del Sol sobre el cerro de Carmenga como un punto en “donde los incas erigieron una plaza llana de mezcla y piedra para hacer observaciones solares”. ¿Es ése el Ushnu del cronista anónimo? Cieza no especifica, aunque parece hablar de un sitio cercano a la Hanan-Haucaypata o actual Plaza de Armas. Pero, tras describir las columnas en el horizonte, Sarmiento hace esta curiosa observación:

Y para que el tiempo del sembrar y del coger se supiese precisamente y nunca se perdiese. El inca Tupac Yupanqui puso para perpetuidad en su lugar unas colu[m]nas de piedra de la medida y agujeros de los palos, y a la redonda mandó enlosar el suelo, y en las losas hizo hacer

ciertas rayas niveladas conforme a las mudanzas del sol que entraba por los agujeros de las columnas, de manera que todo era un artificio de reloj anual, por donde se gobernaban para el sembrar y el coger [1942, p. 175].

Garcilaso describe un sistema preciso (en un lugar distinto) cuando nos dice cómo se determinaba la fecha de la fiesta del equinoccio, Citua Raimi (nótese que confunde la fecha del equinoccio con la del paso del Sol por el cenit):

Para verificar el equinoccio tenían columnas de piedra riquísimamente labradas, puestas en los patios o plazas que había ante los templos del Sol. Los sacerdotes, cuando sentían que el equinoccio estaba cerca, tenían cuidado de mirar cada día la sombra que la columna hacía. Tenían las columnas puestas en el centro de un cerco redondo muy grande, que tomaba todo el ancho de la plaza o del patio. Por medio del cerco echaban un hilo, de oriente a poniente, una raya, que por larga experiencia sabían dónde habían de poner el un punto y el otro. Por la sombra que la columna hacía sobre la raya de medio a medio desde que salía el Sol hasta que se ponía, y que a medio día bañaba la luz del Sol toda la columna en derredor, sin hacer sombra en parte alguna, decían con todas las flores y yerbas olorosas que podían haber, y ponían sobre ellas la silla del Sol, y decían que aquel día se asentaba el Sol con toda su luz, de lleno en lleno, sobre aquellas columnas [1984, pp. 83-84].

¿Vaciaban los cronistas su propio conocimiento del reloj de Sol del mundo clásico en el sistema incaico de alineamientos con el horizonte? A falta de otras observaciones acerca del dispositivo solar, no podemos darlo por cierto; pero, dadas esas menciones específicas de los surcos grabados y las sombras proyectadas, junto con las anteriores acerca de las torres en el horizonte, los cronistas españoles hablan, al parecer, de dos sistemas diferentes. A decir verdad, el sistema incaico de contar el tiempo puede haber sido más elaborado de lo que hasta ahora hemos creído.

Cuzco fue construido para adaptarse a un plano complejo que estaba íntimamente ligado a los conceptos de la organización sociopolítica de los incas. El padre Bernabé Cobo, en su *Historia del Nuevo Mundo* (1956), dice que por toda la ciudad y sus alrededores había oratorios sagrados llamados *huacas*, de los que se contaban 328 en total. La definición que Cobo da de huaca deja poca duda de que hablaba de lugares definidos en el entorno:

en cada uno de aquellos ceques estaban por su orden las huacas (huacas) y adoratorios que había en el Cuzco y su comarca, como estaciones de lugares píos, cuya veneración era general a todos; y cada ceque estaba a cargo de las parcialidades y familias de la dicha ciudad del Cuzco, de las cuales salían los ministros y sirvientes que cuidaban de las huacas de su ceque y atendían a ofrecer a sus tiempos los sacrificios estatuidos [p. 169].

Muchas de aquellas huacas se situaban a lo largo de líneas rectas o *ceques* en quechua: raya, línea, límite) hasta de 15 kilómetros de largo. La mayoría de los 41 ceques partían del Templo del Sol, localizado en el centro (en la actualidad, la iglesia de Santo Domingo); dos ceques nunca se cruzaban entre sí. Aunque su función primordial fuera dividir a la ciudad, de acuerdo con R. Tom Zuidema, un antropólogo especialista andino que estudia los sistemas sociales y religiosos de los incas, hay razones para creer que algunos de aquellos ceques también pueden haber tenido una función astronómica. Los estudios de Zuidema sobre las marcas del sistema de ceques (1964, 1977, 1982) han abierto el camino a nuevas investigaciones astronómicas.

Por principio de cuentas, merced a una línea que iba de este a oeste, la dotación espacial de Cuzco se dividía en la mitad alta (al norte) y la mitad baja (al sur), cada una de las cuales se partía en dos para formar cuartas partes o *suyus*. El suyu posee un número ordenado de ceques (habitualmente dispuestos en grupos de tres). Cada huaca de determinado ceque se veneraba en su propio día, aunque los ceques o grupos de ceques puedan haber estado vinculados a divisiones de tiempo mayores (se puede considerar que el número 328 representa 12 meses lunares siderales).

Algunas de aquellas huacas parecen vincularse a las columnas del horizonte mencionadas con anterioridad. Se sitúan sobre ceques específicos, como nos dice Cobo (1956):

a) El ceque 6 de Chinchaysuyu (cuadrante del NO) tiene once huacas, la novena de las cuales, contando radialmente a partir de Coricancha, se llama Quiangalla, “que está en el camino de Yucay, donde estaban dos mojones o pilares que tenían por señales [de] que, llegando allí el sol, era el principio de verano” (p. 172).

b) La séptima huaca del ceque 8 del mismo suyu, el acueducto de Chinchero, tenía “dos mojones por señal de que cuando llegaba allí el sol, habían de comenzar a sembrar el maíz” (pp. 173-174).

c) El cuadrante de Antisuyu (EN) tenía 9 ceques y 78 huacas. La huaca de Chuquimarca consistía de “un templo del sol en el cerro de Mantocalla, en el cual decían que bajaba a dormir el sol muchas veces” (p. 176). Lo cual no es sólo una obvia alusión al solsticio, sino que la huaca también se situaba en dirección del solsticio visto desde Cuzco.

d) La tercera huaca del Cuntisuyu, decimotercer ceque (cuadrante del SO), se llamaba Chinchincalla. “Es un cerro grande donde estaban dos mojones, a los cuales, cuando llegaba el sol a los cuales era tiempo de sembrar” [es decir: “...dos mojones; cuando llegaba el sol a los cuales era tiempo de sembrar” [p. 185].

Aquí, la referencia astronómica parece ser el ocaso en el solsticio de diciembre, cuando, como ya hemos señalado, el horizonte es muy distante para el tipo de obser-

vación necesario. Algunos de los ceques vinculados astronómicamente se muestran en el mapa de la figura 120.

Esas referencias contenidas en las crónicas suscitan preguntas fundamentales. ¿Desde dónde se hicieron las observaciones?, ¿se usó un solo punto como visual delantera? Aunque los ceques partían del Coricancha, más de un cronista nos dice que algunos de los mojones se veían desde el Ushnu, en la actual Plaza de Armas, alrededor de 500 metros al noroeste del Templo del Sol. No sólo pudieron haberse empleado ambas localizaciones sino que al parecer estaba involucrado un tercer observatorio, porque el Sol del solsticio de junio visto desde el Ushnu se pone en el valle ubicado al *sur* de Quiangalla, donde Cobo dice que estaba situado aquel observatorio (desde el Coricancha queda aún más al sur). La situación lógica del tercer observatorio es un lugar llamado Lacco, en una colina existente al norte de la ciudad, porque allí se localizaba el templo del Sol llamado Chuquimarca; más todavía, en los alrededores sólo una estación cumple con la exigencia astronómica señalada en el punto *a*).

En los alrededores de Cuzco se pueden encontrar algunas salientes rocosas talladas, con nichos, pasajes y altares interiores, entre ellas las de Lacco; las direcciones de muchas de aquellas características artificiales al parecer tuvieron una importancia calendárica y astronómica general. Con frecuencia están dispuestas de manera especial para que el Sol entre directamente en ellas. Valiéndonos del testimonio etnohistórico, los argumentos astronómicos y los datos arquitectónicos y topográficos reunidos mediante la instrumentación adecuada en los alrededores de Cuzco, Zuidema (1981) y el que esto escribe (1982a, 1982b) hemos establecido más allá de toda duda la existencia de tres direcciones de observación astronómica que parten de tres puntos distintos del área de Cuzco:

a) Un par de columnas que marcan el punto en que el Sol se pone en el solsticio de junio visto desde Lacco, complejo tallado en las rocas de una colina situada al norte de Cuzco.

b) Un par de columnas para marcar los solsticios de diciembre vistos desde el Coricancha, centro del sistema de ceques.

c) Las *sucancas*, cuatro columnas situadas en el Cerro Picchu para señalar la entrada de la temporada de siembras, cuyo centro es el lugar en que el Sol se pone el día de su paso por el anticeñit (figura 121).

El procedimiento para ubicar la última y más importante de éstas bien vale una explicación detallada. Habiendo ubicado así la posición de las *sucancas* de Picchu (véase en Aveni, 1982b, una exposición tanto del modo en que se hizo esto como de la manera en que se establecieron otros esquemas), instalamos el teodolito y tiramos una serie de líneas hacia la Plaza de Armas, tratando de determinar en qué fechas se podía observar la puesta del Sol sobre las *sucancas* desde diversos puntos de la plaza. Una línea a la que pusimos particular atención fue la correspondiente a la fecha de la puesta de

Sol en el anticeñit (18 de agosto). Como hemos visto, la importancia del paso del Sol por el cenit se menciona con frecuencia en las crónicas (véase, por ejemplo, Garcilaso de la Vega, 1984). Más aún, en Cuzco, un alineamiento cenit-anticeñit concordaría muy bien con el simbolismo de la verticalidad tan prominente en el pensamiento andino y con las observaciones de Guamán Poma (1936, ff. 883-884) en el sentido de que la tierra se abre en febrero y agosto, fechas en que el Sol pasa por el cenit y el anticeñit. El día de la puesta del Sol en el anticeñit, el astro desaparece tras el horizonte occidental en un punto opuesto alrededor de 180° al punto en que sale el día de su paso por el cenit. (La diferencia real de elevaciones del horizonte desvía la línea un máximo de $1/2^\circ$ de la linealidad, pero el acimut es, a pesar de todo, de alrededor de 283° .)

Por una feliz coincidencia, nuestras suposiciones y nuestros cálculos fueron confirmados por los resultados del estudio de Zuidema sobre un cuadro fechado en 1653 del pintor Estrada Monroy (figura 122), encontrado en la catedral de Cuzco. En él se ve la ciudad luego del terremoto del 31 de marzo de 1651, escasamente un siglo después de la Conquista. Es una vista desde lo alto de la catedral, hacia el suroeste, con la misma orientación del mapa. Cerca del centro del cuadro (ampliado en el detalle) vemos una columna vertical que soporta una cruz. Es el rollo (o picota) que, según se dice, Pizarro puso donde estaba el Ushnu,⁴⁴ poco después de conquistar la ciudad (Betanzos, 1968, p. 70).

Notamos que si unimos la Plaza de Armas, llamada Hanan-Haucaypata por los incas, con la Plaza de Regocijo (la antigua Cusipata), situada al suroeste, para formar una sola plaza, la piedra habría quedado cerca del centro. Notamos también que el Ushnu se sitúa cómodamente dentro de la banda de observación del 18 de agosto calculada a partir de nuestras mediciones del ceque que contiene las sucancas en el cerro de Picchu. Aunque los arqueólogos tienen poca esperanza de descubrir vestigios tanto del Ushnu como del sitio original de las columnas, actualmente está bien documentado un caso paralelo de ese esquema.

Recientemente, Dearborn, Seddon y Bauer (1998) han descubierto una serie de posibles marcadores solares en la ladera de un cerro que domina la Isla del Sol, en el Lago Titicaca, lugar en donde el Sol salió por primera vez de la Tierra, según el mito inca.

Hacia la fiesta del Inti Raymi (el solsticio de junio), los observadores que miraran hacia el oeste desde la plaza central frente al Titicaca (llamada la Roca Sagrada en las fuentes históricas) habrían tenido ante sí una vista sorprendente similar a la descripción que hace el cronista anónimo de las puestas de Sol respecto a las columnas del Cerro Picchu, en Cuzco.

⁴⁴ El propio Ushnu es un concepto sumamente elusivo. Su relación con la verticalidad en el cosmos inca se desarrolla cabalmente en Zuidema, 1977 y 1979, donde lo encontramos manifestado en una multitud de objetos materiales, entre ellos un altar de sacrificios, una plataforma de piedras, un mojón e incluso un hoyo en la tierra.

El Coricancha, centro del sistema de ceques, también presenta cuando menos uno de los aspectos del calendario de orientaciones de Cuzco. Sus muros están alineados esencialmente con pares de ceques que parten hacia las direcciones del solsticio, pero Zuidema y el que esto escribe creemos que fueron desviadas ligera y deliberadamente de esa dirección, posiblemente para incluir agrupamientos estelares en el esquema del señalamiento del tiempo (por ejemplo, las Pléyades, cuyos ortos heliacos se empleaban para empezar a contar el año estacional y cuyo propósito era también prever las fechas de los solsticios [Zuidema, 1982]). Muchos principios e ideas considerados importantes por los incas fueron unidos hábilmente en la línea de observación cenit-anticenit que corre horizontalmente de un extremo a otro del valle, pasando por el centro de la ciudad. Nuestro modo de abordar el problema de las orientaciones astronómicas en Cuzco y sus alrededores ha encontrado algunas críticas basadas en la linealidad del sistema de ceques y la ubicación de algunas de sus huacas.⁴⁵

⁴⁵ El arqueólogo Brian Bauer (1998) ha presentado un descriptivo tomo que da ubicación de todas las huacas existentes. Bauer encuentra que, aunque conceptualmente rectos, los ceques son todo menos rectos en el paisaje real. Sin embargo, este descubrimiento puede tener poca relación tanto con la importancia astronómica o calendárica en el sistema de ceques como con la precisión de los alineamientos que se le atribuyen (Aveni, 1996). Bauer y Dearborn (1995), que apoyan la mayor parte de los hallazgos del que esto escribe y de Zuidema, ofrecen comentarios críticos, particularmente sobre aquellos que implican al Sol anticeñital y al equinoccio (véanse pp. 94-98). Esas críticas al parecer se basan en el vago supuesto de que lo dicho por los cronistas debe ser literalmente cierto. Se quejan acerca de la falta de referencias claras y precisas a conceptos astronómicos particulares por parte de los cronistas. Pero anticipar esas referencias no sólo no da cabida a la interpretación sino que no tiene garantía alguna, especialmente cuando consideramos la vaguedad del proceso mediante el cual fue adquirida la información astronómica o de otro tipo por el deficientemente informado entrevistador español, quien llegó al Perú con su propia agenda de erradicar la idolatría. Como ésta es un área de investigación arqueoastronómica en marcha bastante activa, tal vez valga la pena responder brevemente a algunas de las críticas específicas:

1. Respecto a las columnas de la puesta de Sol en el solsticio de junio, Bauer y Dearborn (1995, pp. 80-89, 99) sugieren otros dos posibles sitios alternativos para la ubicación de Quiangalla, uno de los cuales está marcado por las excavaciones de los saqueadores.

2. De las cuatro huacas del octavo ceque de Chinchaysuyu que usamos para trazar el ceque que conduce a la puesta de Sol anticeñital, Bauer esencialmente está de acuerdo con la localización de dos. Su ubicación de una de las huacas (Urcoscalla) mucho más debajo de la ladera del cerro en dirección de Cuzco, desde el lugar marcado más prominentemente que definimos, se basa en observaciones, hechas en el siglo XX, de personas que oran a la orilla del camino (cf. Aveni, 1981b, p. 311, con Bauer 1998, pp. 60-70, y Bauer y Dearborn, 1995, pp. 92-98).

3. Respecto a la puesta de Sol en el solsticio de diciembre, señalamos que los ceques CU 10-14 están agrupados a poca distancia, pero no hay indicios de que se traslapen. Esos cinco ceques se agrupan dentro de una zona de aproximadamente 4° de anchura en el horizonte visible, observados desde el Coricancha. Chinchincalla, CU 13-3, debe de haber sido el que incorpora las columnas solares; o al menos es lo que nos dice Cobo. Luego de ubicar seguramente a Pantanaya en el paisaje sobre CU 14 y tras medir su acimut de 247° desde Coricancha, podemos decir que Chinchincalla queda sobre una línea dirigida ligeramente al sur de los 247° de acimut. Ahora bien, hay en el horizonte la parte de un cerro con la cima plana que concuerda con la descripción que hace Cobo del área, ya que, especialmente, el horizonte se inclina abruptamente hacia el norte, lo cual corresponde con la descripción de la huaca Ravaypampa, CU 14-3, dada por Cobo. El área de la cima plana del cerro mide más de 100 metros cuadrados y subtiende más de un grado según se ve desde el Coricancha. La puesta de Sol tras un horizonte de 7 1/2° a 13°13' S de latitud (1500 d.C.) corresponde aproximadamente a 247 1/2° de acimut. Esto es 1/2° al norte de nuestra ubicación de CU-14 y

Ya hemos visto que los antecedentes que se nos brindan en las crónicas incas con frecuencia son confusos y que el comentario refleja la omnipresente parcialidad filosófica occidental acerca del bajo nivel que se atribuía al pensamiento cosmológico de los incas. Como Durán y Sahagún en México, Sarmiento y Cieza en Perú parecen haber prestado oídos sordos a sus informantes cuando se trataba de cuestiones astronómicas. Pero también hemos aprendido que, si bien son incompletos los antecedentes sobre la práctica astronómica de los incas, ya son pocas las dudas de que las visiones que ellos y los pueblos mesoamericanos tenían del mundo hayan sido similares. El concepto del tiempo que fluye en torno a la dirección del horizonte recuerda el uso de direcciones cardinales con nexos temporales entre los mexicanos, especialmente tal y como se manifiesta en sus ruedas calendáricas. La división del calendario inca y la segmentación cuatripartita de su capital es paralela a la visión cosmológica compartida por muchas civilizaciones precivilizadas del mundo. ¿Discutirán algún día los antropólogos si en nuestro espíritu se constituyó una visión universal del orden natural mucho antes de que fuéramos civilizados? ¿O si las similitudes que encontramos entre culturas distintas y distantes son resultado de la difusión de ideas entre ellas? ¿O no harán nunca ni lo uno ni lo otro?

Una de las construcciones individuales más misteriosas que muestran orientaciones astronómicas es el Torreón o Caracol de Machu Picchu. Se trata de una estructura en forma de P, construida sobre una saliente natural del más popular de los atractivos turísticos incas del Perú. Tres aberturas trapezoidales dominan panoramas que incluyen el del Río Urubamba. La ventana del noreste se centra en el solsticio de junio, hecho que los astrónomos David Dearborn y Ray White (1983, 1989) creen que tiene alguna relación con la manera en que la ventana y la roca sobre la que cae el Sol fueron modificadas a fin de crear un instrumento preciso para registrar el acaecimiento. La cara superior del "altar" de piedra interior está cortada como una superficie vertical plana, perpendicular a la ventana, sobre la cual los investigadores sujetaron un marco de madera a las protuberancias labradas de sus esquinas exteriores. De allí suspendieron una plomada que registraba la sombra proyectada por el Sol naciente en el solsticio. La cola de Escorpión aparece en la segunda ventana, pero los autores no vinculan con la tercera abertura ningún alineamiento de importancia astronómica obvia, debilitando así la teoría astronómica.

En este análisis hay varios problemas que pueden servir de lecciones respecto a la

entre $\frac{1}{2}^\circ$ y $1\frac{1}{2}^\circ$ al norte del ceque astronómico CU-13 documentado etnohistóricamente. Dearborn y Schreiber (1986, p. 28; véase una respuesta en Aveni, 1987b) descartan este lugar por hallarse "demasiado al sur para que las columnas se hayan usado en una observación real desde el Coricancha en el solsticio de diciembre". Bauer y Dearborn (1995, pp. 76-80, 100) han identificado un cementerio cerca del sitio, en tanto que Bauer (1998, p. 133) señala que esa observación sin duda funciona si el observador está situado en la Ispata, la Terraza del Sol, una pequeña plaza localizada frente al templo.

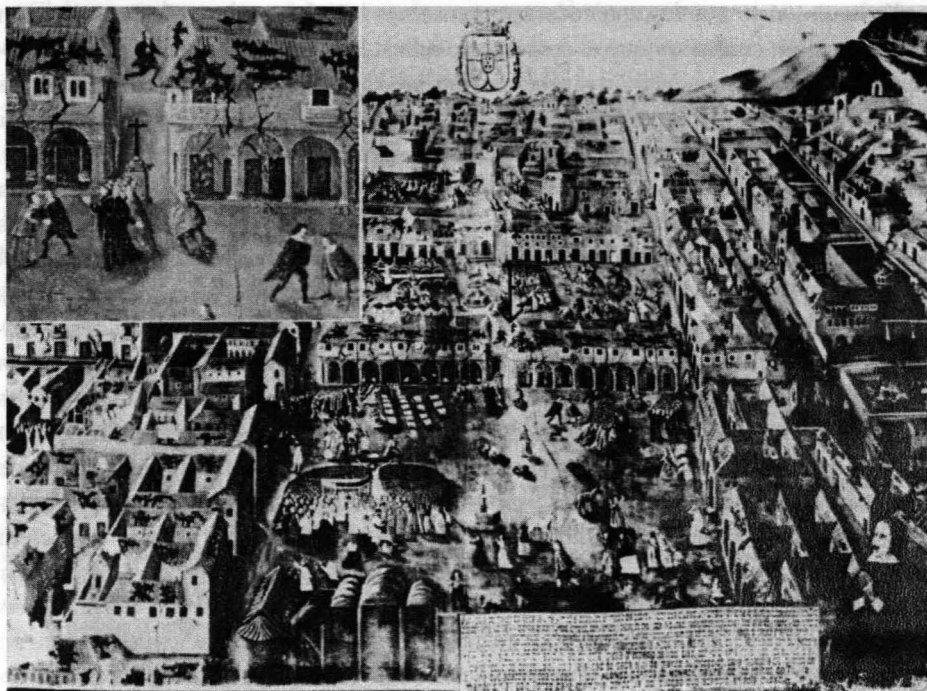


FIGURA 122. Esta pintura del gran terremoto de Cuzco da una clave importante sobre la ubicación del Ushnu (ampliada en el detalle).

realización de estudios astronómicos de campo en los sitios antiguos. A diferencia de Cuzco (Tahuantinsuyu), capital y centro del Imperio, en donde se tienen amplias justificaciones provenientes del testimonio etnohistórico para defender en detalle los argumentos en favor de los alineamientos astronómicos, en Machu Picchu se está en una situación muy similar a la del astrónomo que tiene ante sí a Stonehenge. No hay contexto para generar o plantear hipótesis. Sólo hay construcciones, alineamientos y horizonte.

En segundo lugar, el testimonio etnohistórico dice poco acerca de la tecnología astronómica andina. No hay indicio de que alguna vez haya habido marcos de madera sujetos a las ventanas. Más aún, ya se ha formulado una hipótesis inadecuada para explicar las protuberancias en algunos bloques de piedra andinos, características que abundan tanto en otros lugares del Torreón como en otras estructuras incas. Los experimentos de Dearborn y White, que muestran que si se suspende un marco adecuado de una ventana del Torreón se puede lograr que la sombra de una cuerda caiga sobre el

borde de una superficie cortada en un momento determinado, constituyen un clásico ejemplo de cómo un pensamiento moderno orientado tecnológicamente busca explicar artefactos antiguos. Que el dispositivo *funcionara* de ese modo es pura conjetura. Si se toma el mismo cuchillo que se usó para poner mantequilla al pan por la mañana y después se emplea para atornillar una bisagra a la puerta, esto último no demuestra el propósito para el cual era el cuchillo. Pese a los inventos tecnológicos y a la búsqueda de la precisión, la teoría aún puede tener a su favor que el Torreón se usara para observar el cielo. El estudio comparativo de las cosmologías indias sudamericanas hecho por Gary Urton (1981*b*) reconoce en general cuatro elementos comunes pertenecientes a la organización del espacio alrededor de un punto central definido por la intersección de uno o más conjuntos de los ejes siguientes: 1) el eje cenit-nadir intersectado por el eje este-oeste; 2) el orto en un solsticio y el ocaso en el opuesto; 3) los puntos intercardinales, y 4) los ejes de la Vía Láctea donde ésta cruza el cenit. Todos esos ejes se centran en el observador y no en algún punto externo como ocurre con la astronomía occidental.

En una cultura sudamericana diferente, la de los waraos del delta del Orinoco, en Venezuela, el pueblo contemporáneo ve el mundo como un disco plano a flote en un mar mundial. El cielo que todo lo rodea tiene forma de campana, que empieza a estrecharse hasta un punto por el que pasa el Sol solsticial de mediodía: ese punto es el cenit, que funciona como uno de los extremos del eje principal del mundo. Según el antropólogo Johannes Wilbert (1973), hechiceros en trances inducidos por la nicotina suben por las ascendentes columnas de humo de tabaco para alimentar a los dioses en el cenit y así adquirir medicina sagrada para ellos. Tal vez las cosmologías desana y yekuana hagan hincapié en el eje cenit-anticenit, en virtud de sus ubicaciones en latitudes tropicales. En el caso de la yekuana, la propia residencia está conformada según la estructura básica del cielo tropical (véanse varios ejemplos en la nota 42 y Aveni, 1981*b*).

Finalmente, debe hacerse aunque sea una breve mención de las famosas líneas de Nasca, que han sido abordadas en detalle en otra parte (Aveni, 1990*b*, 2000*a*). Esos gigantescos dibujos, trapezoides, zigzags y líneas rectas sobre tierra, han logrado una inmensa popularidad en la bibliografía, que continuamente hace alusión a su importancia astronómica. Mis estudios (1990*b*, 2000*a*) indican que lo más probable es que estén vinculadas a la hidrología local, aunque algunas de las líneas rectas puedan haber marcado los ortos y ocasos en los días en que el agua empezaba a correr por los acueductos que flanquean la pampa de Nasca.

RESUMEN: LA ASTRONOMÍA EN LAS ANTIGUAS CULTURAS AMERICANAS

En este capítulo hemos reseñado estudios de casos escogidos que comunican cierta comprensión de los nativos sistemas mentales americanos en lo que toca a la astronomía. Desde Cuzco hasta las ruedas de la medicina, pasando por El Caracol, han ayudado en esta investigación los estudios de alineamientos, apoyados en los testimonios etnológico, etnohistórico y, cuando es posible, en los registros escritos e iconográficos. La especulación que antaño predominó en la bibliografía finalmente empieza a encontrar la prueba ácida de la observación.

De nuestro estudio de la astronomía en la arquitectura erigida por civilizaciones americanas nativas ha surgido una similitud oculta. Consiste en que el horizonte al parecer fue el círculo de referencia básico subyacente y el cenit el polo fundamental en todos los sistemas examinados. En cambio, las civilizaciones que se desarrollaron a latitudes mayores, por ejemplo, la babilónica y la china, emplearon un sistema de referencia de polo celeste-ecuador celeste (o eclíptico). Algunos especialistas parecen considerar el sistema de horizonte característico de las culturas primitivas, pero el determinismo geográfico y no una falta de complejidad quizás tenga más que ver con la preferencia de ese sistema por encima del marco polar en las culturas tropicales de mentalidad práctica. Como hemos visto en el capítulo III, cerca del ecuador terrestre el movimiento celeste natural no es circulatorio en torno al polo celeste como pivote, sino enteramente vertical. Las estrellas salen y se ponen en trayectorias casi perpendiculares al horizonte. La posibilidad de fijar una dirección en el horizonte y de mantenerla allí durante cierto tiempo ha permitido a los polinesios navegar largas distancias valiéndose del concepto de la estrella-en-el-horizonte. Nos preguntamos si los antiguos pueblos andinos no habían buscado los mismos medios para los viajes terrestres sobre las montañas del Perú.

Expresar demasiado rígidamente generalizaciones acerca de la influencia de la geografía en la astronomía en desarrollo es un peligro real y reconocido (*cf.* Gingerich, 1982). Los caprichos y las complejidades del desarrollo cultural sirven de amplia advertencia al respecto. Desde luego, a latitudes mayores podemos encontrar culturas que usan referencias de horizonte en su práctica de la astronomía. No necesitamos ver más allá de Stonehenge, en donde, si se consideran convincentes, los datos sobre la astronomía megalítica de la Edad de Bronce (latitud 50° N a 60° N) ofrecen un excelente ejemplo en contra. Ciertos ejemplos tomados del estudio de la arqueoastronomía norteamericana también demuestran que sería erróneo concluir que *todas* las culturas no tropicales rehúyen un marco de referencia del horizonte. Situados también muy fuera de los trópicos a una latitud de 40° S, los maoríes de Nueva Zelanda usaron un

sistema de navegación como el de los polinesios, aunque, curiosamente, este esquema probablemente se difundió desde los trópicos (Best, 1955). En cambio, la eclíptica y el ecuador celeste surgen como conceptos astronómicos que fueron utilizados en culturas que se desarrollaron en los trópicos. Recordamos que las páginas 23 y 24 del *Códice de París* se han interpretado como un Zodiaco integrado por 13 constelaciones; los kogis del norte de Colombia y los dogones del África Central también prestan atención al desplazamiento del Sol entre las estrellas (Reichel Dolmatoff, 1982). Antes de buscar similitudes entre las astronomías tropicales y de zona templada sería mejor destacar las simples diferencias que parecen ser bastante profundas. Si el científico moderno occidental comparte algún terreno común con los astrónomos antiguos de los trópicos, tal vez sea porque ambos buscan el formalismo más simple dictado por las observaciones.

En su narración sobre la defensa que fray Bartolomé de Las Casas hizo del intelecto indígena americano, una generación después de la Conquista, el historiador Lewis Hanke (1974) condena una observación que refleja el criterio mayoritario existente en 1550. Fue escrita por John Major, un geógrafo escocés, y hace gala de falta de reflexión detenida acerca de las costumbres indígenas de la época: “Pero hay algo más. Esa gente vive como animal a uno y otro lado del ecuador y entre los polos los hombres viven como animales salvajes, según dice Tolomeo en su *Cuadripartita* y según se ha descubierto ahora gracias a la experiencia...” La implicación, derivada por los filósofos griegos que la aplicaron a los pueblos moros del África, era que quienes vivían al calor del trópico o en el intenso frío ártico difícilmente eran capaces de razonar. Cuatro siglos después todavía nos es difícil apreciar cualquier entorno que no sea el nuestro para cultivar un intelecto humano.

ARQUEOASTRONOMÍA CIRCUNMEDITERRÁNEA

En la década de los noventa hemos sido testigos de una explosión de estudios sobre el papel de los fenómenos celestiales en la planeación y la orientación de tumbas, templos y ciudades antiguas de la cuenca del Mediterráneo desde los tiempos bíblicos hasta el establecimiento de las ciudades-Estado griegas.⁴⁶ Reconociendo que cualquier explicación astronómica debe basarse en el análisis estadístico y apoyarse firmemente en los datos arqueológicos, los investigadores han descubierto que pueblos muy antiguos, especialmente aquellos que vivieron en la cuna de la civilización, al extremo oriental del Mediterráneo, poseían un conocimiento relativamente avanzado del cielo.

⁴⁶ Desde 1984 han aparecido en esta área 24 importantes publicaciones, la mitad de ellas en los últimos cuatro años.

Esos pueblos incorporaban a esquemas de alineamiento no sólo al Sol y a la Luna, sino también las posiciones de las estrellas. Este testimonio no escrito nos dice cuán tempranamente entendieron las culturas las obras de la naturaleza, cómo cronometraban éstas los ritmos de la vida y qué motivos yacían ocultos tras el simbolismo cósmico que acompaña a la orientación sagrada.

Hasta hace relativamente poco, la mayor parte de los estudiosos habían mostrado poco interés por los estudios europeos de arqueoastronomía. Como nos enteramos posteriormente, esos estudios habían adquirido mala fama debido a la indisciplina y a las incursiones especulativas que implicaba fechar las pirámides de Egipto y Stonehenge muy fuera de línea con los hallazgos arqueológicos. Es más, la mayor parte de nuestro conocimiento sobre la astronomía del Medio Oriente ha derivado de estudios hechos en los textos; de manera natural, los filólogos ("amantes de la palabra escrita") se mostraban poco dispuestos a buscar datos sobre la práctica astronómica examinando los testimonios arqueológicos. Esta falta de atención al registro escrito se antoja paradójico cuando comprendemos que los cimientos de la astronomía moderna están puestos sobre los métodos aritméticos para computar las predicciones celestiales desarrolladas por los babilonios y por el don de los griegos para la lógica de la geometría. Ciertamente, el extremo oriental de la cuenca mediterránea sería el lugar ideal para buscar las raíces de la astronomía práctica.

En la actualidad, la mayor parte de los trabajos de investigación sobre arqueoastronomía circunmediterránea están a cargo de equipos que emplean al menos un astrónomo y un arqueólogo y que con frecuencia incluyen a historiadores y lingüistas, pues los arqueólogos han aprendido a apreciar ese enfoque interdisciplinario como manera de adentrarse en los ritmos de vida prehistóricos. Sobre todo, esos estudios, de los cuales resumo un ejemplo aquí, se caracterizan por la regla de no franquear nunca los límites establecidos por el dato arqueológico.

Rujm el-Hiri: ¿el Stonehenge del Levante?

El monumento megalítico de Rujm el-Hiri (figura 123), perteneciente a la Edad de Bronce Temprana (ca. 3000 a.C.), está situado en el Golán Inferior, cerca de la orilla norte del Mar de Galilea. Con un diámetro de 155 metros, consiste de un túmulo central rodeado de muros concéntricos divididos, 37 500 toneladas métricas de basalto dispuestas ordenadamente en piedras parcialmente trabajadas hasta una altura de dos metros. El arqueólogo Yonathan Mizrahi excavó el sitio de 1988 a 1990. Sus predilecciones astrales se despertaron cuando supo, por las primeras investigaciones de sus colegas israelíes, que un ancho camino de acceso de 20 × 29 metros al centro del com-



FIGURA 123. *Rujm el-Hiri*, sitio megalítico del Golán que tuvo varios usos como templo, tumba y observatorio. La entrada orientada hacia el solsticio de junio está en la posición de las ocho. (Foto de Yoni Mizrahi.)

plejo parecía apuntar en la dirección general del orto solar en el solsticio de junio. El camino de acceso resultó estar alineado con el eje de la tumba (totalmente saqueada desde la antigüedad) localizada en el centro del complejo. La colocación de la tumba, que parece haber ocurrido 150 años después de que fueran construidas las murallas y el camino de acceso, respetaba así una tradición de alineamiento solsticial. (Posteriormente otra cultura usó el sitio como cercado para una cámara mortuoria.)

Originalmente, Rujm parece haber funcionado como centro sagrado para ceremonias religiosas y observaciones rituales, a las que asistían poblaciones urbanas del área. El alineamiento con el solsticio podría haberse vinculado con los ritos anuales de la

fertilidad del Sagrado Matrimonio entre Inanna y su consorte Dummu-zi-Tamuz, celebrado probablemente en el solsticio para asegurar tanto la productividad de la tierra como la reproducción de sus habitantes humanos y no humanos.

Los tres sorprendentes descubrimientos de Rujm son indicios de una rica cosmología y de un nivel de complejidad no documentado previamente en el Levante del tercer milenio a.C. (Aveni y Mizrahi, 1998). Primero, los constructores emplearon sistemáticamente una unidad de medida para edificar las murallas concéntricas (se basaba en el décimo múltiplo del conocido cúbito de 0.497 metros de la Edad de Bronce en el Cercano Oriente); segundo, los constructores establecieron un exacto esquema de alineamientos que incorporaba en el paisaje elementos celestiales y no celestiales; y tercero, ese esquema condujo al desarrollo de un calendario cuyo propósito era regular las actividades económicas.

Los constructores de Rujm señalaron exactamente el curso del Sol de mitad de estación por medio de un alineamiento tomado a través del corte entre los dos mayores pedrejones situados en la muralla exterior. Dentro, unas divisiones separan los nueve círculos de piedra de Rujm en muros radiales levantados al azar para crear compartimientos. Ni un fragmento de vestigios arqueológicos ocupa esas curiosas cámaras; nunca se puso nada en su interior. Las paredes de las cámaras parecen haberse puesto para dar una entrada lo menos expedita posible a ellas. No pueden haberse usado para almacenamiento o defensa ni para dividir el espacio en unidades residenciales o de otro tipo vinculadas socioeconómicamente.

En la imposibilidad de discernir ningún propósito para el que puedan haber servido las cámaras y habiendo establecido ya un método radial para observar la salida del Sol en el solsticio de junio desde el centro del complejo, precavidamente probamos los 39 segmentos radiales contra las posiciones en el horizonte adoptadas por las estrellas más brillantes en el periodo de 2 000 años que duró la ocupación del sitio. No esperábamos encontrar que muchas de aquellas divisiones se alinearan con las estrellas. Muy por encima de lo anticipado por una coincidencia fortuita, en la época de los 3000 ± 250 a.C. se concentró una preponderancia de alineamientos estelares que concuerda muy bien con la fecha arqueológica de construcción de la entrada hacia el solsticio. Cuando examinamos su distribución estacional, las fechas de desaparición y reaparición de las estrellas consideradas coincidieron perfectamente con la distribución estacional de las lluvias en el Golán: el menor número de las observaciones estelares habría coincidido con el periodo de mayores precipitaciones pluviales (figura 124).

Nos hemos familiarizado con ejemplos de muchos calendarios primitivos en que la demarcación celestial del ciclo de estaciones se calcula por la llegada del Sol a una posición específica en la fecha del orto heliaco de una estrella brillante. En Rujm, Sirio, la estrella más brillante, concuerda con la orientación de uno de los muros radiales.

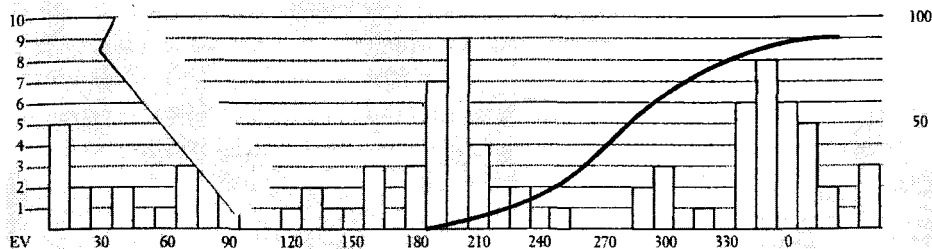


FIGURA 124. *Distribución de frecuencia estacional de las fechas de orto y ocaso heliacos que concuerdan con alineamientos de horizonte de los muros radiales de Rujm el-Hiri. La escala horizontal grafica días medidos a partir del equinoccio vernal (EV); la curva de bloques superpuesta da el porcentaje de lluvia estacional acumulado. (Gráfica de Yoni Mizrachi.)*

En el marco cronológico de 3000 a.C., Sirio tuvo su orto heliaco (MFIRST) en el solsticio de junio, en tanto que su última aparición (ELAST) cayó en el solsticio de diciembre. Como dispositivo de anticipación temporal, ése habría ofrecido una medida de control de los elementos y esto a su vez pudo haber conformado la cosmología y el ritual de aquella gente, que en última instancia llegan a nosotros por la Biblia y por otros registros escritos del Cercano Oriente.

No todos los alineamientos de Rujm eran astronómicos. El eje de la otra única entrada, al sureste, yerra la anticipada salida del Sol en el solsticio de diciembre por 20°. ¿Pudo estar dirigida hacia un lugar en que ocurrió algún episodio importante en la historia de aquel pueblo? Los judíos aún oran en dirección del Muro Sagrado de Jerusalén y los musulmanes lo hacen hacia la piedra de la Qaba, en La Meca. Tal vez por coincidencia, el Monte Tabor, que es visible desde Rujm, ocupa una posición cercana al solsticio de diciembre, y el Monte Hermón, de fama bíblica, queda exactamente al norte verdadero. En la mitología babilónica y ugarítica, la devoción y el culto por igual exigían que la montaña sagrada estuviera fija en un lugar definido de la tierra. Recuérdesse que muchos de los sitios sagrados que examinamos en Mesoamérica fueron establecidos por referencia a una gran montaña. Una vez más debemos recordar que en la mayor parte de las culturas el reino del cielo y la montaña no son diferenciables como lo serían para nuestras modernas disciplinas de la astronomía y la geología.

También se ha descubierto arquitectura megalítica orientada astronómicamente en Playa Nabta, al sur de Egipto, en donde un sitio mucho menos desarrollado aunque un tanto más antiguo (3000-4000 a.C.) ha mostrado posibles orientaciones cardinales y solsticiales (Malville, Wendorf y Mazar, 1998). Estas últimas pueden ser especialmente significativas dada la proximidad de Nabta al Trópico de Cáncer, en donde el

Sol alcanza su posición más alta en su detención de verano. Una vez más, lo que en parte llevó a los investigadores a la hipótesis astronómica fue comprender que el agrupamiento oval de losas recostadas (hasta de tres metros de largo) no mostraba señales de materiales enterrados. Todos los indicios apuntan hacia grupos nómadas primitivos del alto valle del Nilo que estaban mucho mejor organizados, con una cosmología más desarrollada de lo que podríamos haber previsto.

*“Tumbas de gigantes”, dólmenes y cementerios:
astronomía en el país de los muertos*

Si el arco que describe el Sol marca el ritmo de la vida, seguramente el lugar de salida del mundo de los vivos quedaría dentro de sus límites. El extremo meridional de la trayectoria solar anual ha quedado bien establecido en la mitología como un punto de salida fundamental. No es sorprendente que, con escasas excepciones, los entierros de personas importantes en el área circunmediterránea prehistórica estén dispuestos con los pies o la cabeza alineados con el paréntesis del arco solar en el horizonte.

En el sur del Sinaí, pastores indígenas del cuarto milenio a.C. construyeron *nawamis* (pesadas sepulturas circulares de dos paredes) cuyas entradas veían en un número abrumadoramente superior hacia el oeste. El arqueólogo Ofer Bar-Yosef y sus colegas (1983), que han excavado *nawamis*, piensan que esa costumbre refleja creencias religiosas egipcias de la época, según las cuales las almas de los muertos emprenden un viaje hacia el oeste, en donde harían compañía al dios Sol. Ésta es una de las razones de que las sepulturas se ubicaran en la margen oeste del Nilo, en el Valle de los Reyes.

En cambio, el historiador de la astronomía Michael Hoskin⁴⁷ y sus equipos de arqueólogos han medido los alineamientos de centenares de tumbas comunales en áreas del centro y el oeste del Mediterráneo (por ejemplo, España y Menorca). Encuentran que muchos de esos entierros, fechados entre 2000 y 4000 a.C., se orientan a las salidas del Sol, con un corte agudo que coincide con el solsticio de invierno (figura 125). Hoskin ofrece una explicación práctica según la cual, libre de la tarea de cultivar alimentos, la gente tenía mayor posibilidad de contemplar edificios de prestigio durante esa estación. En Cerdeña y Córcega, tanto como en partes del sur de Francia y España, los grupos de Hoskin midieron dólmenes (tumbas de piedra en forma de caja que habitualmente consisten de pares de losas verticales unidas por un coronamiento) y las llamadas Tumbas de Gigantes (tumbas relativamente elaboradas, de base trapezoidal con

⁴⁷ Las publicaciones conjuntas de Hoskin, muchas de las cuales aparecen en *Archaeoastronomy*, el suplemento del *Journal for the History of Astronomy*, son demasiado numerosas para ser mencionadas. Como material de reserva, los lectores interesados deben consultar su más reciente trabajo de síntesis (Hoskin, 2000).

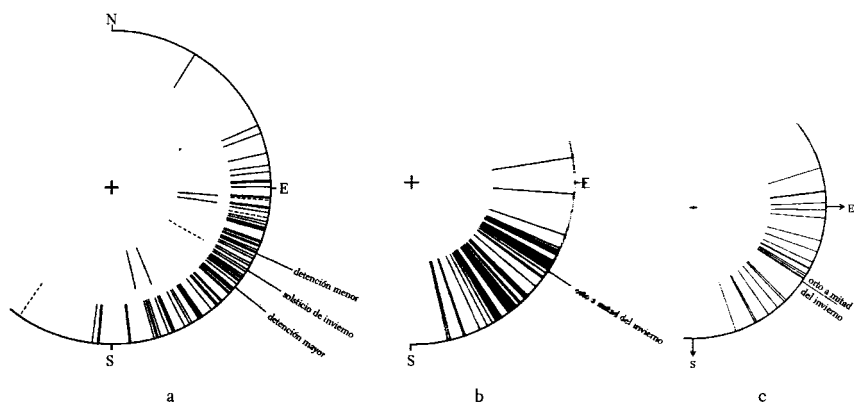


FIGURA 125. Una serie de diagramas de distribución de alineamientos en una diversidad de sitios megalíticos circunmediterráneos. (Diagrama de Michael Hoskin.)

una estela en uno de los extremos), fechados unos y otras en 1000 a.C. El grupo de Hoskin encontró que un importante número de tumbas mira hacia la salida del Sol, mucho más al sur que en el solsticio de diciembre. Hoskin interpreta que esas tumbas se alinean con el Sol cuando el astro asciende por el cielo de invierno y se acerca a su culminación.

La orientación de tumbas del Mediterráneo oriental, especialmente las de Chipre y Creta, que datan de un milenio antes que las tumbas del oeste, tal vez hayan estado más vinculadas a la observación de la Luna. Por ejemplo, un cementerio minoano de Armenoi (fechado *ca.* 1000 a.C.), en la isla de Creta, a unos cuantos kilómetros al norte del puerto de Rhethymnon, consiste de 300 sepulturas de roca cortada cuyas orientaciones, según descubrió Hoskin, cubren la diversidad de salidas de la Luna y no de salidas del Sol. Cerca queda la prominente montaña de Vysinas, consagrada a la deidad lunar. El cementerio está situado de tal modo que los muertos podían estar frente a la Luna cuando ésta salía sobre la montaña. La arqueóloga Mary Goodwin (1998) también ha encontrado alineamientos lunares en las *tholoi* (tumbas en forma de colmenas) de la Creta minoana temprana, lo que no es sorprendente dado que la Luna era una deidad muy importante para los minoanos. Observar el curso de la Luna en el horizonte puede haber llevado a la correlación de ciclos cósmicos más prolongados con estaciones de base solar.

Templos y santuarios celestiales

Nuestra palabra templo proviene de la palabra etrusca *templum*, un rito de orientación religioso que acompañaba la fundación de una ciudad. En muchas culturas, saber en

qué dirección orientarse es la base de reglas de comunicación entre el pueblo y sus dioses. ¿Hacia dónde debe un sacerdote o un adorador volverse a fin de ejecutar correctamente una ceremonia pública o privada, una consagración o un sacrificio? Para los etruscos, la determinación de las direcciones no era de acuerdo con la humanidad sino con el propio mundo. En el espacio ritual etrusco había un delante y un atrás, una izquierda y una derecha en el *templum* terrenal, representación del *templum* celestial construido por humanos, el hogar de los dioses que vivían en el cielo. “Cuatro partes tenía: *antica*, hacia el este; *postica*, hacia el oeste; la parte norte a la izquierda, la sur a la derecha”, escribió el historiador romano Isidoro. Es probable que el hígado de bronce de Piacenza, una réplica etrusca del hígado de un cordero, ofrezca pistas de los ritos adivinatorios romanos que implicaban principios de orientación. Ese objeto de un palmo de tamaño tal vez se haya pensado como instrumento astronómico de orientación o como dispositivo de enseñanza. El adivinador supuestamente miraba al exterior buscando signos ambientales en cierta dirección (se creía que el *fulgurator*, quien adivinaba observando los estallidos del relámpago, lo hacía hacia el sur y el *augur* en dirección del vuelo de los pájaros cuyas señales divinas tomaba). En nuestro estudio sobre el problema de la orientación del templo etrusco (Aveni y Romano, 1994), ninguno de los 32 templos que medimos señalaba al norte de la línea este-oeste. Vinculamos algunos de esos alineamientos con las fechas de las fiestas del calendario romano, que posteriormente absorbió a la cultura etrusca. Por ejemplo, los templos dedicados a los predecesores etruscos de Júpiter y Juno se alineaban preferentemente con las fechas del orto solar de octubre, cuando se hacían sacrificios a esas deidades. Júpiter era el señor del rayo (*fulgur*), en tanto que Juno con frecuencia lleva un dardo (*quiris*), referencia alegórica al rayo.

La explicación de los templos que generalmente miran hacia el sur en la isla de Malta, los cuales datan de 3000 a.C., tanto como de las *taulas* de Menorca (voluminosas piedras apareadas que tienen la forma de una T mayúscula), que datan de 1000 a.C., también podría residir en las estrellas. Michael Hoskin ha citado la antigua constelación de Centauro, que se desplaza sobre la región y cuyo nombre procede de Quirón, el centauro, de quien se dice que enseñó medicina a Asclepio. El apoyo arqueológico para esta hipótesis proviene en forma de una estatua de bronce de Imhotep, la versión egipcia de Asclepio, que fue encontrada en una de las taulas. Mediante las excavaciones, en otro sitio se halló la pata de bronce de un caballo. (En el Museo de Madrid se puede encontrar la estatua de bronce de un caballo, incuestionablemente un centauro, sin una de sus patas.) En fin, las cuentas acompañadas de estrellas (y de una Luna en creciente) grabadas sobre las columnas de un templo maltés (la llamada piedra Tal-Qadi) parecen representar cálculos desde un importante orto heliaco estelar hasta la siguiente de esas estrellas en el cielo del sur.

Que 73% de los templos de la Grecia clásica se alinean con el arco solar es un hecho muy conocido desde las poco reconocidas investigaciones del historiador de la arquitectura William Bell Dinsmoor en la década de los treinta. Dinsmoor atribuyó correctamente esos alineamientos a la tendencia a dirigirlos hacia la salida del Sol el día de su fundación, en la fiesta de la divinidad a la que estaba asociado el templo. Hábilmente demostró cómo se podía usar esa hipótesis para corroborar las fechas de construcción de varios templos. Los estudios que realizamos Romano y el que esto escribe (Aveni y Romano, 2000) indican que esa costumbre fue trasladada a los templos de los siglos VI y v a.C. de la Magna Grecia y Sicilia, con una influencia local mínima. En cuatro casos, los templos dedicados a Apolo se alinean con fechas solares que corresponden a la fiesta de Pyanepsión, que celebra Atenas en honor de Apolo y cae en el mes de octubre del calendario griego.

Hay muchas razones válidas para creer que los antiguos griegos se interesaban por los alineamientos astronómicos. En el Peloponeso, el testimonio escrito más antiguo sobre el nexo entre la orientación celestial y el calendario luni-solar concierne al famoso Metón de Atenas, quien observó el solsticio de junio. Este astrónomo estableció su alineamiento erigiendo un dispositivo llamado heliotropión, que colocó en el Pnyx (cerca del Ágora) para captar la imagen del Sol naciente en esa fecha. Aquel alineamiento lo ayudó a establecer el *parapegma*, o almanaque escrito, a fin de indicar tanto las fechas de los equinoccios y los solsticios como los ortos y ocasos de las estrellas. Los *parapegmata* se usaron en gran parte con el propósito de hacer augurios. Platón y Aristóteles nos dicen que, para muchas culturas primitivas mediterráneas, el orden no era una “cosa natural” sino que se basaba en la correlación de acaecimientos que vinculaban lo astral con lo meteorológico y otros fenómenos y condiciones, por ejemplo, la calidad del aire y del agua. De ese modo, el alineamiento de Metón habría sido de gran interés para los médicos, quienes podían practicar mejor su arte, el cual se basaba en la idea de que las enfermedades humanas se ven afectadas por las direcciones locales de los vientos, las lluvias, las salidas del Sol, el flujo de las aguas y así sucesivamente. “Como arriba, abajo”, dice el viejo proverbio astrológico, por lo que el horizonte figura como el lugar de reunión en donde las influencias celestiales entran en conjunción con nuestros asuntos terrenales.⁴⁸

Explorando las raíces arcaicas de la astronomía científica moderna a partir de la era del testimonio escrito en el Mediterráneo oriental, equipos de arqueoastrónomos, con mejor educación general que la de sus predecesores confinados en la disciplina, han empezado a descubrir vestigios arraigados en las astronomías basadas en textos de la Antigüedad clásica. Cabe preguntarse qué orientaciones serían capaces de revelar los

⁴⁸ Para un estudio más detenido y nuevos materiales sobre el papel de la astrología en relación con la astronomía de culturas antiguas, véase Aveni, 1992a.

templos babilónicos, tan gravemente destruidos y ahora tan completamente inaccesibles en el turbulento mundo político de la fértil Luna creciente.

El medio puede haber cambiado, pero el mensaje —valerse de la información del cielo para estructurar un calendario— sigue siendo el mismo. Una vez concluida la época helénica y durante el periodo romano siguiente, la regla al parecer se quebrantó, debido tal vez a un mayor interés por erigir complejos arquitectónicos integrados y funcionales, de suerte que la orientación de un templo individual importó menos que el plano general del complejo. Ello explica por qué los histogramas que exhiben orientaciones de templos ulteriores en el considerablemente urbanizado Imperio romano incluyen los puntos cardinales. Así empezó la lenta erosión del modo de apreciar el papel directo que alguna vez desempeñó el cielo en la compleja constelación de factores que afectan el sitio para construir un lugar sagrado y la orientación que habrá de dársele.

APÉNDICE A

Análisis de los petroglifos de cruz punteados

Además de los diversos diseños hallados en ruinas más remotas del Centro de México, en el otro extremo del Imperio teotihuacano existen aún otros petroglifos de cruz de estilo y realización innegablemente similares. En la esquina suroccidental del piso de la Estructura A-V de la ciudad maya de Uaxactún, Guatemala, hay tres marcas (una de las cuales se muestra en la figura 126h) que podrían ser antecedentes de las cruces de Teotihuacan.

Al reunir los datos sobre petroglifos en cruz hallados de uno a otro extremos de Mesoamérica, empieza a manifestarse un cuerpo de hechos descriptivos muy útiles.

1) *Forma general*: El dibujo suele tener la forma de un doble círculo centrado en un par de ejes ortogonales. En algunos casos, el círculo es simple o triple. Rara vez el doble círculo se sustituye por un doble cuadrado o los patrones circulares adoptan la forma de cruces bidimensionales.

2) *Colocación general*: De los 40 dibujos estudiados, poco menos de la mitad están grabados en pisos de edificios (tres en Uaxactún, más de 50 en Teotihuacan). Los demás están grabados en salientes rocosas, desde la mayor parte de las cuales se tienen vistas panorámicas del horizonte, habitualmente hacia el este.

3) *Modo de ejecución*: Prácticamente todas las cruces fueron hechas con algún tipo de artefacto de percusión. Las depresiones en forma de cuencos que constituyen el petroglifo miden en promedio un centímetro de diámetro y están espaciadas dos centímetros entre sí.

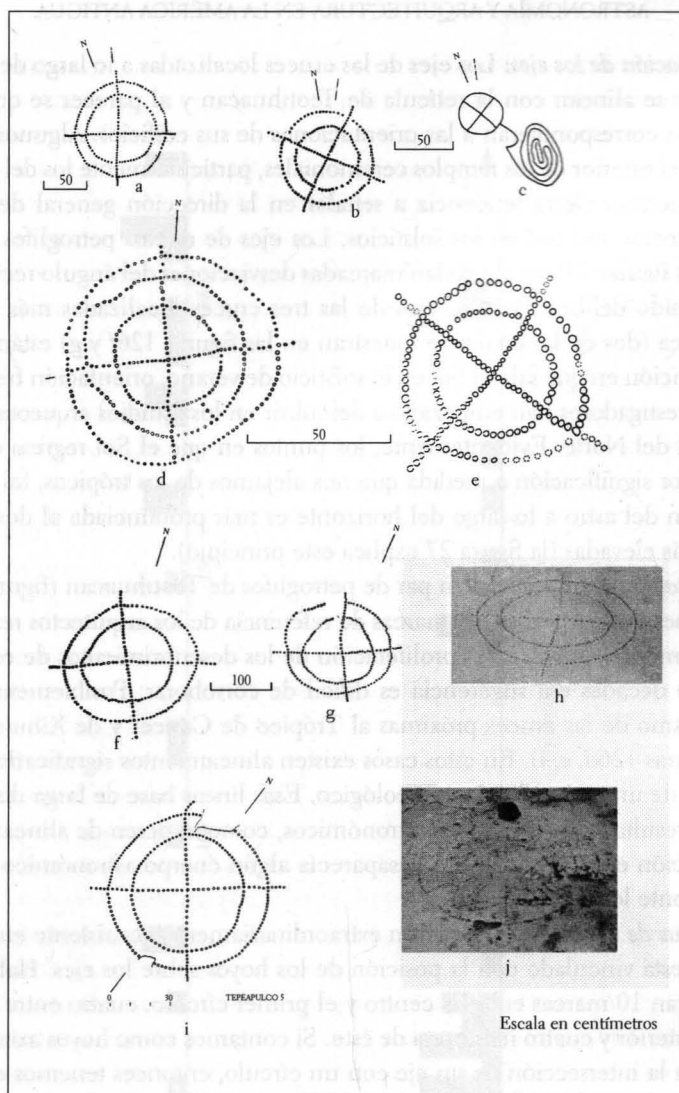


FIGURA 126. Conjunto de petroglifos de cruz punteados: a) cruz adyacente al Grupo Viking de Teotihuacan; b) Cerro Colorado, Teotihuacan; c) Cerro Gordo, Teotihuacan; d) Tepeapulco (Xihuingo), petroglifo núm. 1; e) Tepeapulco, petroglifo núm. 2; f) Cerro El Chapín, petroglifo núm. 1; g) Cerro El Chapín, petroglifo núm. 2; h) cruz punteada sobre el piso de la Estructura A-V de Uaxactún (A. L. Smith, 1950); i) Tepeapulco, petroglifo núm. 5; j) gran Cruz de Malta grabada en el piso de un edificio opuesto al Grupo Viking de Teotihuacan. (Excepto el h), todos los dibujos son de H. Hartung.)

4) *Orientación de los ejes*: Los ejes de las cruces localizadas a lo largo de la Calle de los Muertos se alinean con la retícula de Teotihuacan y al parecer se quiso que los de Uaxactún correspondieran a las orientaciones de sus edificios. Algunos de los ejes situados en el exterior de los templos ceremoniales, particularmente los del noroeste de México, muestran cierta tendencia a señalar en la dirección general de los puntos de salida y ocaso del Sol en los solsticios. Los ejes de ciertos petroglifos (véase, por ejemplo, las figuras 126e y h) revelan marcadas desviaciones del ángulo recto, que pueden haber sido deliberadas. Los ejes de las tres cruces localizadas más al norte de Mesoamérica (dos de las cuales se muestran en las figuras 126f y g) están orientados hacia la posición en que sale el Sol en el solsticio de verano, orientación frecuente que muchos investigadores han empezado a descubrir en los estudios arqueoastronómicos de América del Norte. Evidentemente, los puntos en que el Sol regresa empiezan a cobrar mayor significación a medida que nos alejamos de los trópicos, tal vez porque la migración del astro a lo largo del horizonte es más pronunciada al desplazarnos a latitudes más elevadas (la figura 27 explica este principio).

5) *Orientación entre cruces*: Un par de petroglifos de Teotihuacan (figuras 126a y j) pueden haber funcionado como marcas de referencia de los arquitectos respecto a ese centro ceremonial, pero con la proliferación de los descubrimientos de cruces en las dos últimas décadas esa sugerencia es difícil de corroborar. Posiblemente podamos decir lo mismo de las cruces próximas al Trópico de Cáncer y de Xihuingo (Tepeapulco) (figuras 126d, e, i). En estos casos existen alineamientos significativos de una a otra cruz o de una cruz al sitio arqueológico. Esas líneas base de larga distancia pueden haber resultado de propósitos astronómicos, como el deseo de alinear las marcas con la posición en que aparecía o desaparecía algún cuerpo astronómico importante en el horizonte local.

6) *Cuentas de elementos*: Un patrón extraordinariamente consistente en 80% de los petroglifos está vinculado con la posición de los hoyos sobre los ejes. Habitualmente se encuentran 10 marcas entre el centro y el primer círculo, cuatro entre los círculos interior y exterior y cuatro más fuera de éste. Si contamos como hoyos axiales aquellos que señalan la intersección de un eje con un círculo, entonces tenemos el patrón $10 + 1 + 4 + 1 + 4 = 20$, en vez de $10 + 4 + 4 = 18$. Ambos números son importantes en el calendario mesoamericano antiguo. En tres de los casos el número total de hoyos en todo el dibujo es 260, y en varios otros partes del patrón se suman a ese importante número. La figura 127 es un histograma que muestra la distribución de varias cuentas en todos los petroglifos que pueden determinarse con alguna certeza. En el histograma de cuentas totales nótese el agrupamiento alrededor de 260.

El ciclo calendárico de 260 días podría estar vinculado específicamente con el patrón de cavidades contadas en la periferia de la cruz núm. 2 de Teotihuacan, represen-

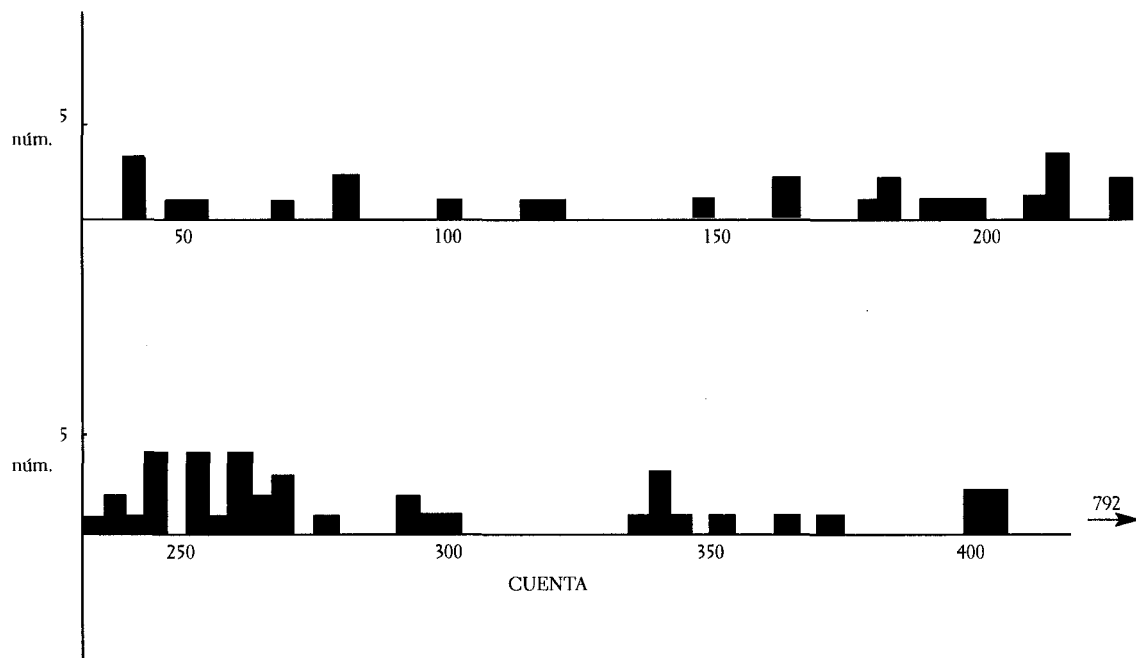


FIGURA 127. Distribución de cuentas totales de las marcas punteadas en los petroglifos de cruz.

tada en la figura 126j. Hallada en el piso de un edificio a lo largo de la Calle de los Muertos, este triple dibujo concéntrico toma la forma de una Cruz de Malta. Aunque algunas de sus partes estén sumamente desgastadas por años de exposición al Sol y a la lluvia, queda lo suficiente para transmitir una imagen real de lo que probablemente intentó el dibujante. Se ha observado una cuenta de 20 hoyos entre los ejes y los vértices del patrón exterior, en tanto que en cada depresión intermedia entre los brazos de la cruz se observan dobles treces. De ese modo, si se empieza en uno de los ejes contando una unidad por cada marca que haya en él y una por cada punto del vértice de los brazos bidimensionales de la cruz, se tiene la cuenta $1 + 18 + 1 + 13 + 13 + 1 + 18 + 1 + 18 + 1 + 13 + 13 + \dots = 260$.

El patrón que muestra este elaborado petroglifo invita a una comparación directa con el par de diagramas calendáricos de los códices que examinamos en el capítulo iv (figuras 60b y c). El ordenamiento de puntos que representan la cuenta de 260 días en la periferia de esos diagramas es virtualmente idéntico a la del petroglifo de la Cruz de Malta (para una exposición más completa véase Aveni, 2000b).

Recordemos que la *visión cósmica* mesoamericana plasmada en las ruedas calendáricas de los códices incluía una interpretación calendárica muy variada, característica que no difiere en nada de la que emplean los relativistas modernos cuando unen el tiempo y el espacio para describir el universo en gran escala. ¿Están el tiempo y el espacio unidos también el uno al otro en el simbolismo del petroglifo de cruz? Si estamos dispuestos a creer que los patrones de diseño de los textos escritos tienen un claro parecido con los petroglifos de cruz punteados, entonces no es sorprendente encontrar en el examen de los datos contenidos en los petroglifos indicios que permiten interpretaciones no sólo de orientación sino también numéricas y calendáricas.

A decir verdad, la evidencia de una similitud oculta entre los petroglifos de cruz y las ruedas calendáricas se antoja sumamente específica. Los ejes de varios petroglifos de cruz se correlacionan muy bien con posiciones de solsticio, en tanto que el simbolismo solar queda sugerido fuertemente por un dibujo de borde claveteado descubierto entre círculos concéntricos de algunos de los símbolos. En el caso de las cruces localizadas en la ciudad de Teotihuacan (figuras 126a y j), la dirección axial parece haberse modificado para adecuarla al plano arquitectónico principal. Evidentemente, “el norte de Teotihuacan” era más importante que el norte astronómico, al menos lo bastante importante para garantizar marcas en los pisos de los edificios. El entorno de muchas de las cruces parece haberse escogido por su ventaja para las observaciones sin obstrucción a larga distancia, sea de cuerpos celestes próximos al horizonte del sitio, sea de otras marcas, otros signos o quizás centros ceremoniales localizados en el paisaje adyacente.

El dualismo atribuido a la significación de las cruces punteadas se ve realizado en mayor medida por la similitud entre esos dibujos y el juego religioso azteca del *pato-*

lli. Escribiendo poco después de la Conquista, fray Diego Durán hace la siguiente descripción:

Había otro juego que era que *hacían encima de un encalado unos hoyos pequeñitos*, a manera de fortuna, y el uno tomaba diez piedras y el otro diez, y el uno ponía sus piedras por la una acera, y el otro por la otra, en contrarias partes, y con unas cañuelas hendidas por medio daban en el suelo y saltaban el alto, y tantas veces cuantas cañuelas caían, lo hueco hacia arriba, tantas casas adelantaban sus piedras, y así seguía el uno al otro, y todas cuantas chinas le alcanzaban, se las iba quitando, hasta dejarle sin ninguna. Y acontecía haberle quitado cinco o seis y, con las cuatro que le quedaban, decirle también las cañuelas que revolvía sobre el otro, y ganarle el juego [Durán, 1951, pp. 197-198, las cursivas son mías].

En la época de los aztecas aquellos juegos tenían forma de cruz y los jugadores movían frijoles sobre una superficie punteada o una esterilla pintada. Al menos en una de las formas del juego practicada en el suroeste se empleaba un círculo consistente de 10 depresiones por cuadrante. Como sugiere la descripción de la superficie de juego en la figura 128, aquel juego guardaba un parecido evidente con el juego del pachisi

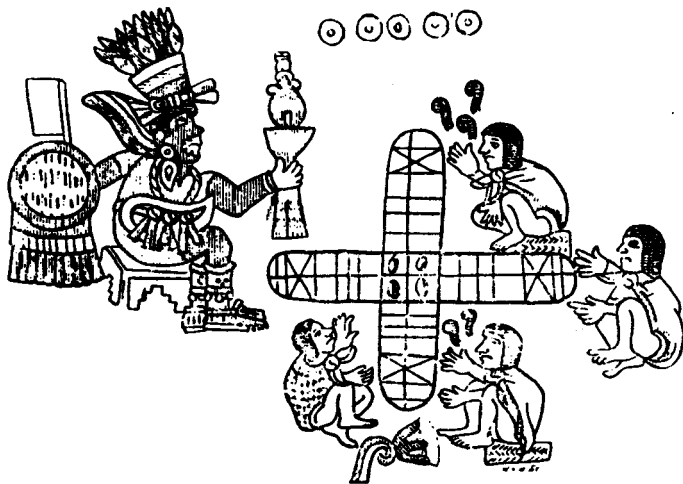


FIGURA 128. El juego del patolli según se representa en el Códice Magliabecchiano (CL. XIII, f. 60), documento de la época de la Conquista. Cuatro jugadores se enfrascan en la competencia mientras el dios Macuilxóchitl, quien simboliza el juego, observa. Las cruces punteadas pueden haber representado otra forma de la superficie en que se jugaba el patolli.

de las Indias Orientales. La característica principal del tablero era una "X" o cruz, que indudablemente simbolizaba las cuatro direcciones. Con frecuencia, el tablero constaba de 52 o 104 divisiones, y el jugador movía las fichas de un punto a otro de él. Los números que representaban el valor de los puntos por avanzar se pintaban en frijoles negros. Nos explica Durán: "si pintaban cinco eran diez, y si diez, veinte, y si uno, uno, y si dos, dos, y si tres, tres, y si cuatro, cuatro; pero pintando cinco eran diez, y si diez, veinte. Y así aquellas pintillas blancas eran suertes y cuenta de las rayas que se ganaban y para mudar las piedras de unas casas en otras" (p. 198). El agrupamiento de números en unidades de cinco, 10 y 20 tiene un claro nexo con la distribución de depresiones en forma de cuenco en los ejes de las cruces punteadas. Si incluimos en la cuenta la intersección de los ejes con los círculos, nuestro total es entonces $10 + 1 + 4 + 1 + 4$, o sea, $10 + 5 + 5$. En un juego similar del norte de Mesoamérica llamado *quinze* con frecuencia se utilizaba como tablero una superficie de roca punteada.

En el piso de edificios huastecos de la costa del Golfo de México pueden verse dos pinturas de tableros de *patolli*. Aunque muy distintos del tablero de *patolli* de la figura 128, muestran un notable parecido con las cruces de Teotihuacan. No sólo aparecen en el mismo ambiente arquitectónico (pisos de edificios), sino que también consisten de dobles círculos, cuyos ejes al parecer están alineados con los puntos cardinales o ligeramente desviados de ellos. Algunas exposiciones del piso de estuco subyacente, donde se descubrieron los tableros, revelaron pinturas semejantes de una fase anterior de la cultura relacionada con Teotihuacan.

Sea cual fuere la relación que las difundidas inscripciones petroglíficas en cruz guardan con la orientación de Teotihuacan, una sola hipótesis no basta para explicar su origen. Consideradas en conjunto, se les puede vincular al mismo tiempo a los calendarios, los alineamientos y los tableros de juego. En el desarrollo de un Estado bien sería de esperar la difusión de un simbolismo universal de este tipo.

LECTURAS SELECTAS ADICIONALES

Desde que salió a la luz la primera edición de *Observadores del cielo* en 1980 la bibliografía sobre los estudios de observación se ha triplicado. Mientras en este capítulo sólo se han mencionado brevemente algunos estudios de caso, la bibliografía que se presenta a continuación tiene el propósito de dirigir al lector interesado hacia los detalles de los estudios mencionados antes, así como a los lugares donde puede encontrar más información.

Estudios generales de orientación en Mesoamérica:

- Aveni, A. F. (1975), "Possible astronomical orientations in ancient Mesoamerica", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 163-190.
- (1977), "Concepts of positional astronomy employed in ancient Mesoamerican architecture", en A. F. Aveni (comp.), *Native America astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 3-19.
- Aveni, A. F., y H. Hartung (1981), "The observation of the sun at the time of passage through the zenith in Mesoamerica", *Archaeoastronomy*, núm. 3 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 12), S1-S16.

Altiplano central de México:

- Aveni, A. F., E. Calnek, y H. Hartung (1988), "Myth, environment, and the orientation of the Templo Mayor of Tenochtitlan", *American Antiquity*, 53: 287-309.
- Aveni, A. F., y S. L. Gibbs (1976), "On the orientation of pre-Columbian buildings in Central Mexico", *American Antiquity*, 41: 510-517.
- Aveni, A. F., H. Hartung, y B. Buckingham, (1978), "The pecked cross symbol in ancient Mesoamerica", *Science*, 202: 267-279.
- Aveni, A. F., y R. M. Linsley (1972), "Mound J, Monte Albán: Possible astronomical orientation", *American Antiquity*, 37: 528-531.
- Broda, J. (1991), "Cosmovisión y observación de la naturaleza: El ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (comps.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, pp. 461-500.
- (1993), "Astronomical knowledge, calendrics, and sacred geography in ancient Mesoamerica", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 253-295.
- Carlson, J. (1993), "Venus-regulated warfare and ritual sacrifice in Mesoamerica: Teotihuacan and Cacaxtla "Star Wars" connection", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 202-252.
- Dow, J. (1967), "Astronomical orientation at Teotihuacan: A case study in astro-archaeology", *American Antiquity*, 32: 326-334.
- Galindo T. J. (1990), "Solar observations in ancient Mexico: Malinalco", *Archaeoastronomy*, núm. 15 (suplemento del *Journal of the History of Astronomy* 21): S17-S36.

- Hartung, H. (1975), "A scheme of probable astronomical projections in Mesoamerican architecture", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 191-204.
- Iwaniszewski, S. (1991), "La astronomía y la arqueología en Teotihuacán", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (comps.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, pp. 269-290.
- (1994), "Archaeology and archaeoastronomy of Mount Tlaloc, Mexico: A reconsideration", *Latin American Antiquity*, 5: 158-176.
- Morante, R. (1993), "Evidencias del conocimiento astronómico en Xochicalco, Morelos, tesis, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- (2000a), "Astronomical alignments of the Templo Mayor of Tenochtitlan, Mexico", *Archaeoastronomy*, núm. 25 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 31): S11-S40.
- (2000b), "Archaeological alignments at Teotihuacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 11 (4): 403-415.
- Sugiyama, S. (1993), "Worldview materialized in Teotihuacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 4: 103-129.
- Tichy, F. (1981), "Order and relationships of space and time in Mesoamerica: Myth or reality?", en E. Benson (comp.), *Mesoamerican sites and world-views*, Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Washington, D. C., pp. 217-245.

Región maya:

- Ashmore, W. (1991), "Site-planning principles and concepts of directionality among the ancient Maya", *Latin American Antiquity*, 2: 199-226.
- Aveni, A. F. (1990), "The real Venus-Kukulcan in the Maya inscriptions and alignments", en V. Fields (comp.), *Sixth Mesa Redonda de Palenque*, 1986, University of Oklahoma Press, Norman, pp. 309-321.
- Aveni, A. F., S. Gibbs, y H. Hartung (1975), "The Caracol tower at Chechén Itzá: An ancient astronomical observatory", *Science*, 188 (4191): 977-985.
- Aveni, A. F., y H. Hartung (1986), "Maya city planning and the calendar", *Transactions of the American Philosophical Society*, 76 (7): 1-79.
- (1988), "Archaeoastronomy and dynastic history at Tikal", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy* (Actas del 46th International Congress of Americanists, Amsterdam, 1988), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 1-16.
- (1989), "Uaxactun, Guatemala, Group E and similar assemblages: An archaeoas-

- tronomical reconsideration", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 441-460.
- Carlson, J. B. (1976), "Astronomical investigations and site orientation influences at Palenque", en M. Greene Robertson (comp.), *The art, iconography, and dynastic history of Palenque, part III* (Actas de la Segunda Mesa Redonda de Palenque, 14-21 de diciembre de 1974), Robert Louis Stevenson School, Pebble Beach, Calif., pp. 107-122.
- Closs, M., A. F. Aveni, y B. Crowley (1984), "The planet Venus and Temple 22 at Copan, Indiana, 9: 221-247.
- Coggins, C., y R. Drucker (1988), "The observatory at Dzibilchaltum", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy* (Actas del 46th International Congress Of Americanists, Amsterdam), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 17-56.
- Fuson, R. H. (1969), "The orientation of Mayan ceremonial centers", *Annals of the Association of American Geographers*, 59 (3): 494-511.
- Hartung, H. (1971), *Die Zeremonialzentren der Maya: Ein Beitrag zur Untersuchung der Planungsprinzipien*, Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.
- Milbrath, S. (1988), "Astronomical images and orientations in the architecture of Chichén Itzá", en A. F. Aveni (comp.), "New directions in American archaeoastronomy" (Actas del 46th International Congress of Americanists, Amsterdam), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 57-80.
- Ricketson, O. G., Jr. (1928), "Astronomical observatories in the Maya area", *Geographical Review*, 18: 215-225.
- Ricketson, O., Jr., y E. Ricketson (1932), *Uaxactum, Guatemala, Group E, 1926-1931*, Carnegie Institution of Washington Publications 477.
- Ruppert, K. (1940), "A special assemblage of Maya structures", en C. Hay, R. Linton, S. Lothrop, H. Shapiro, y G. Vaillant (comps.), *The Maya and their neighbors*, D. Appleton-Century Co., Nueva York, pp. 222-231.
- Schele, L. (1977), "Palenque: The house of the dying sun", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 42-56.
- Sprajc, I. (1990), "El Satunsat de Oxkintok: ¿Observatorio astronómico?", *Oxkintok 3* (Misión Arqueológica de España en México, Madrid): 87-97, 185-189.

Norteamérica:

- Aveni, A. F. (1987), "Archaeoastronomy in the southwestern U.S.: A neighbor's eye view", en J. Carlson, y J. Judge (comps.), *Astronomy and ceremony in the prehistoric Southwest*, Maxwell Museum of Anthropology Papers, núm. 2, Albuquerque, pp. 9-23.

- Eddy, J. (1974), "Astronomical alignment of the Big Horn Medicine Wheel", *Science*, 18: 1035-1043.
- (1977), "Medicine wheels and Plains Indian astronomy", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 147-170.
- Hively, R., y R. Horn (1982), "Geometry and astronomy in prehistoric Ohio", *Archaeoastronomy*, núm. 4 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 131): S1-S20.
- (1984), "Hopewellian geometry and astronomy at High Bank", *Archaeoastronomy*, núm. 7 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 15): S85-S100.
- Lepper, B. (1998), "Ancient astronomers of the Ohio valley", *Timeline* (enero-febrero): 2-11.
- Malville, J., F. Eddy, y C. Armbruster (1991), "Lunar standstills at Chimney Rock", *Archaeoastronomy*, núm. 6 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 22): S43-S50.
- Purrington, R., y C. Child Jr. (1989), "Poverty Point revisited", *Archaeoastronomy*, núm. 13 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 20): S49-S60.
- Reyman, J. (1976), "Astronomy, architecture, and adaptation at Pueblo Bonito", *Science*, 193: 957-962.
- Wedel, W. (1977), "Native astronomy and the Plains Caddoans", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 131-146.
- Williamson, R. (1984), *Living the sky: The cosmos of the American Indian*, Houghton Mifflin, Boston.
- Williamson, R., H. Fisher, y D. O'Flynn (1977), "Anasazi solar observatories", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 203-218.
- Williamson, R. H. Fisher, A. Williamson, y C. Cochran (1975), "The astronomical records in Chaco Canyon, New Mexico", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 33-43.
- Zeilik, M. (1985), "The ethnoastronomy of the historic Pueblos, I: Calendrical sun watching", *Archaeoastronomy*, núm. 8 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 16): S1-S26.
- (1986), "The ethnoastronomy of the historic Pueblos, II: Moonwatching", *Archaeoastronomy*, núm. 10 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 17): S1-S22.

Sudamérica:

- Arias de Greiff, J., y E. de Von Hildebrand (1987), *Etnoastronomías americanas*, Centro Editorial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Aveni, A. F. (1981), "Horizon astronomy in Incaic Cuzco", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md., pp. 305-318.
- Bauer, B., y D. Dearborn (1995), *Astronomy and empire in the ancient Andes*, University of Texas Press, Austin.
- Dearborn, D., y R. White (1983), "The Torreon of Machu Picchu as an observatory", *Archaeoastronomy*, núm. 5 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy*, 14): S37-S49.
- (1989), "Inca observatories: Their relation to the calendar and ritual", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 462-469.
- Zuidema, R. T. (1964), *The ceque system of Cuzco: The social organization of the capital of the Inca*, Brill, Leiden.
- (1977), "The Inca calendar", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 219-259.
- (1981), "Inca observations of the solar and lunar passages through the zenith and anti-zenith at Cuzco", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md., pp. 319-342.
- (1982), "Catachillay: The role of the Pleiades and of the Southern Cross and Alpha and Beta Centauri in the calendar of the Incas", en A. Aveni y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 385, Nueva York, pp. 203-229.
- (1988), "The pillars of Cuzco: Which two dates of sunset did they define", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy* (Actas del 46th International Congress of Americanists), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 143-169.

Otros:

- Aveni, A. F., y Y. Mizrahi (1998), "The geometry and astronomy of Rujm el-Hiri, a megalithic site in the southern Levant", *Journal of Field Archaeology*, 25 (4): 475-496.

- Aveni, A. F., y G. Romano (1994), "Orientation and Etruscan ritual", *Antiquity*, 68: 545-563.
- Baity, E. C. (1973), "Archaeoastronomy and ethnoastronomy so far", *Current Anthropology*, 14 (4): 389-449.
- Belmonte, J. A. et al. (1994), *Arqueoastronomía hispánica: Prácticas astronómicas en la prehistoria de la Península Ibérica y los archipiélagos Balear y Canaria*, Equipo Sirius, Madrid.
- Brecher, K. (comp.) (1979), *Astronomy of the ancients*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Hawkins, G. (1968), "Astro-archaeology", en A. Beer (comp.), *Vistas in Astronomy* 10, Pergamon, Nueva York, pp. 45-88.
- Iwaniszewski, S. (1999), "Archaeoastronomy in traditional areas of Eurasia: A review paper", *Archaeoastronomy, the Journal of Astronomy in Culture*, 14 (2): 87-127.
- Krupp, E. C. (comp.) (1978), *In search of ancient astronomies*, Doubleday, Nueva York.
- Renshaw, S., y S. Ihra (1999), "Archaeoastronomy and astronomy in culture in Japan: Paving the way to interdisciplinary study", *Archaeoastronomy*, 14: 59-88.
- Romano, G., y G. Traversari (comps.) (1991), *Colloquio Internazionale Archeologia e Astronomica (Venice)*, G. Bretschneider, Roma.
- Ruggles, C. L. N. (comp.) (1988), *Records in Stone: Papers in memory of Alexander Thom*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1999), *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven, Conn.
- Thom, A. (1967), *Megalithic sites in Britain*, Clarendon Press, Oxford.
- (1971), *Megalithic lunar observatories*, Clarendon Press, Oxford.
- (1979), *Megalithic remains in Britain and Brittany*, Oxford University Press, Oxford. (Un gran número de ensayos de Thom y colaboradores sobre la astronomía megalítica aparecieron en el *Journal for the History of Astronomy* en los años sesenta y setenta del siglo XX).
- Wheatley, P. (1971), *The pivot of the four quarters*, Aldine, Chicago.

POSDATA

La verdadera cuestión no es saber si el contacto de un pico de pájaro carpintero cura las enfermedades de los dientes, sino si es posible que, desde cierto punto de vista, el pico del pájaro carpintero y el diente del hombre “vayan juntos” (congruencia cuya fórmula terapéutica no constituye más que una aplicación hipotética, entre otras) y, por intermedio de estos agrupamientos de cosas y de seres, introducir un comienzo de orden en el universo.

CLAUDE LÉVI-STRAUSS (1969, p. 9)

En este libro he tratado de sintetizar las ideas y la información recientes más significativas pertenecientes a la interdisciplina de la arqueoastronomía nativa americana y presentar esos materiales tan exentos de la jerga disciplinaria y tan libres de prerrequisitos complejos como me fue posible. Cuando la tarea se dificultó he definido las habilidades necesarias para enfrentar razonablemente los argumentos.

La arqueoastronomía es un campo que se ha ampliado para incluir a todas las culturas y a todas las formas de evidencia vinculadas a la astronomía de civilizaciones en desarrollo. Su vertiginosa evolución, durante los años setenta del siglo xx, ha servido para enfocar nuestra atención en algo más que un trozo del presente.

Espero que la síntesis ofrecida en el presente volumen en lo referente al lugar de la astronomía en la cultura sea útil a las personas dedicadas o no a los estudios mesoamericanos. A medida que empiezan a trabajar en algunos de los problemas planteados por los arqueoastrónomos, los especialistas en campos establecidos encontrarán que la carga de las pruebas también recae sobre sus hombros. *Observadores del cielo* plantea interrogantes a historiadores de la cultura, arqueólogos, etnólogos, astrónomos, antropólogos de la cultura, epigrafistas e historiadores de la ciencia. Aunque mis lectores las consideren valiosas, las ideas que contiene deben hallar un lugar en su reino.

Tal vez nuestra propia formación cultural nos haga volver a la misma pregunta: ¿Practicaban la verdadera ciencia los antiguos astrónomos mesoamericanos más avanzados? Con frecuencia, y tal vez desafortunadamente, nuestra apreciación del valor de su intelecto en última instancia parece depender de este interrogante. La pregunta tiene menos sentido cuando comprendemos que el estilo nativo americano de percibir y expresar sus creencias adquiridas acerca de la naturaleza era distinto del nuestro. También dife-

rían su búsqueda y su uso del conocimiento, aunque sean dignos de nuestra consideración, como nos lo recuerda Lévi-Strauss en el epígrafe de esta "Posdata".

El suyo era un sistema de creencias enteramente distinto. Muchas de las cosas que nosotros pensamos nunca les interesaron y sus conceptos e ideas nos parecen enteramente extraños. Como en nuestra cosmología, los principios del orden y la armonía cósmicos llenaban la existencia en el pensamiento mesoamericano; sin embargo, en una actitud que nosotros consideraríamos pasiva, el individuo humano era tan participativo en la *cosmovisión* de la cultura como lo eran el planeta Venus o un grano de arena. El curso de un componente del cosmos estaba ligado inextricablemente a todos los demás. Lo cual es un criterio enteramente distinto del que ostenta el hombre de ciencia moderno, quien, mediante relaciones de causa a efecto, trata de separar de otros una acción o un acaecimiento específicos del mundo natural, o en última instancia de combinarlos de nuevo para formar otro tipo de unidad. La noción reductiva que poseen los científicos de la explicación mediante la predicción seguida de la experimentación, su escepticismo y su deseo de domar las fuerzas de la naturaleza carecen de analogía en los sistemas de pensamiento de los nativos americanos. Nuestro estudio de su astronomía nos enseña que a los mayas no les interesaba la composición de la Luna más de lo que a nosotros nos interesa empezar a sembrar en coincidencia con el orto heliaco de las Pléyades.

Quienes se ven impelidos a dar una respuesta al interrogante científico de que los astrónomos americanos nativos hayan sido científicos deben darse cuenta de que los mayas no podrían haber desarrollado las tablas de previsión astronómica de los códices sin cuidadosas técnicas de observación a simple vista, que cifraron tanto en inscripciones como en la arquitectura. Esas técnicas pasaron por etapas sucesivas de refinamiento en el transcurso de largos periodos de tiempo. Podemos considerar su calendario como un instrumento de predicción, cuya exactitud mejora con el tiempo a medida que se hacen mejores observaciones. En esta perspectiva tiene cabida la definición que da Aaboe de la astronomía científica (véase pp. 302-303).

Hacer encajar por la fuerza la astronomía americana nativa en los moldes occidentales puede menguar en nosotros su comprensión y su apreciación. Para el no iniciado, la *cosmovisión* mesoamericana se tiñe con demasiada facilidad de color oscuro por nuestro confuso criterio sobre las motivaciones de los antiguos y por nuestra propia costumbre occidental de visualizar el universo como una jerarquía de órbitas en un espacio tridimensional (o cuatridimensional) bien definido y no como ciclos de tiempo en una eternidad. Que esas diversas ideas puedan realizar grandes cosas tal vez se aprecie mejor en nuestro estudio de las tablas lunares del *Códice de Dresde*. Si bien los mayas carecían de un concepto geométrico de los nodos de la órbita lunar, los escasos registros disponibles nos dicen que fueron capaces de crear un sistema enteramente aparte

para habérselas muy positivamente con la predicción de eclipses, aunque se nos escapan algunos detalles. Por lo que toca a los nodos lunares, no los necesitaban en sus hipótesis. Tampoco dependían los astrónomos de la observación de las posiciones de detención de la Luna en el horizonte como ocurría con algunos de sus contrapartes europeos. A fin de cuentas, igual que los babilonios y los griegos, los mayas se emanciparon de la tarea de hacer observaciones cotidianas con objeto de saber con seguridad dónde y cuándo ocurrían acaecimientos celestes. Practicaron su observación del cielo con objeto de fortalecer sus modelos universales que aparecen cifrados de manera tan concisa en sus inscripciones.

Algunos lectores tal vez piensen que las advertencias acerca de la necesidad de abandonar nuestra actitud occidental orientada al presente en el estudio de las astronomías antiguas se han pronunciado con demasiada frecuencia y quizás demasiado enérgicamente en estas páginas. A decir verdad, numerosos fueron los casos, demasiado obvios en este contexto, en que yo, incapaz de apartarme de mi propia preparación astronómica occidental, me he visto impelido a expresar mis explicaciones a la manera familiar ordenada por la tradición científica. Aun así, no se pueden sobrestimar las enormes distancias que separan la antigua visión del mundo natural y la nuestra. Esa distancia destaca como la barrera más alta que debemos salvar si alguna vez esperamos llegar al espíritu de los antiguos. Cuando comencemos a empeñarnos en observar y analizar en vez de juzgar y evaluar los antiguos sistemas astronómicos no occidentales, nos habremos librado de las rocas del paradigma existente que obstruyen el camino del conocimiento en el campo de la arqueoastronomía. Es de esperar que nuestro estudio de los sistemas astronómicos de estas extrañas culturas que antaño florecieron en el aislamiento pueda ayudarnos a entender la naturaleza de los logros humanos, mejor que las hazañas del intelecto puramente occidental.

En suma, el meollo de la arqueoastronomía no es tanto saber en qué se asemejaban a nosotros los astrónomos del pasado sino más bien saber qué hacían. Después de todo lo que se ha dicho y hecho, nuestros estudios deben enseñarnos algo acerca de la cultura. Si realmente intentamos ir en busca de una "antropología de la astronomía", la cuestión importante no es tanto (parafraseando a Lévi-Strauss) si un alineamiento puede guardar cualquier relación con los acaecimientos astronómicos sino más bien por qué, primero que nada, un fenómeno celestial pudo haber sido importante para una sociedad determinada. La importancia de la arqueoastronomía se mide por la significación que el pueblo nativo asigna a los fenómenos astronómicos de que se trata. La determinación de lo que constituye la "significación concebible" no es un derivado únicamente cultural, sino también ambientalmente dependiente.

Para expresarlo en términos cuantitativos, debemos preguntar: ¿Cuál es la naturaleza de la relación entre los fenómenos astronómicos y el comportamiento cultural?

¿Qué significaba el fenómeno astronómico X para los pueblos que lo practicaban? ¿Por qué se interesaban en el fenómeno X y no en el Y? ¿Cómo concebían el fenómeno X en su ritual, sus mitos, su calendario, su religión, su arquitectura, su cronología histórica y así sucesivamente? En fin, ¿qué papel desempeñaba X en la conformación de su ideología?

En pocas palabras, ¿qué buscaban y por qué?

BIBLIOGRAFÍA*

- Aaboe, A. (1974), "Scientific Astronomy in Antiquity", en "The Place of Astronomy in the Ancient World", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 276: 21-42.
- Acosta, J. de (1590), *Historia natural y moral de las Indias, en que se tratan las cosas notables del cielo, elementos, metales, plantas, y animales de ellos; y los ritos, ceremonias, leyes, gobierno de los Indios*, Sevilla. [Hay edición del FCE, México, preparada por Edmundo O'Gorman.]
- Adelhofer, O. (1963), *Codex Vindobonensis Mexicanus*, I. Graz. [Edición facsimilar en color.]
- Akasofu, S.-I. (1979), "The aurora borealis", *Alaska Geographic Society*, 6 (2).
- Alvarado Tezozómoc, F. (1975), *Crónica mexicana*, Porrúa, México.
- American Ephemeris and Nautical Almanac*, U. S. Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington, D. C. (Publicación anual.)
- Anderson, S., y E. Fletcher, (1968), "The Inverse Stonehenge Problem", *Current Anthropology*, 9: 316-318.
- Andrews, E. W., IV (1965), Archaeology and Prehistory in the Northern Maya Lowlands, en R. Wauchope (comp. general), *Handbook of Middle American Indians*, vol. 2, *Archaeology of southern Mesoamerica*; compilador: G. R. Willey, University of Texas Press, Austin, pp. 288-330.
- (1968), Torre cilíndrica de las ruinas de Puerto Rico, Campeche, *Boletín del INAH*, INAH, México, 31: 7-13.
- Apenes, O. (1936), "Possible derivation of the 260-day period of the Maya calendar", *Ethnos*, 1 (1): 5-8, Estocolmo.
- Arias de Greiff, J., y E. de von Hildebrand (1987), *Etnoastronomías americanas*, Centro Editorial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Arnold, P. (1999), *Eating landscape: Aztec and European occupation of Tlalocan*, University Press of Colorado, Niwot.
- Ascher, M., y R. Ascher (1969), "Code of ancient Peruvian knotted cords (*quipus*)", *Nature*, 222: 529-533.
- (1972), "Numbers and relations from ancient Andean *quipus*", *Archive for History of Exact Sciences*, 8: 288-320.

*Véase las referencias al final de los capítulos III y IV para obtener información acerca de los recursos electrónicos y los mapas estelares.

- Ascher, M., y R. Ascher (1978), *Code of the quipu: Data book*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Ashmore, W. (1989), "Construction and cosmology: Politics and ideology in lowland Maya settlement patterns, en W. Hanks y D. Rice (comps.), *Word and image in Maya culture: Exploration in language, writing and representation*, University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 272-286.
- (1991), "Site planning principles and concepts of directionality among the ancient Maya, *Latin American Antiquity*, 2: 199-226.
- Aveni, A. F. (1972), "Astronomical tables intended for use in astroarchaeological studies", *Bibliography American Antiquity*, 37: 531-540.
- (1974), "Archaeoastronomy in pre-Columbian America", *Archaeology*, 27 (1): 55-57.
- (comp.) (1975a), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin.
- (1975b), "Possible astronomical orientations in ancient Mesoamerica, en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 163-190.
- (1977a), "Concepts of positional astronomy employed in ancient Mesoamerican architecture", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 3-19.
- (comp.) (1977b), *Native American astronomy*, University of Texas Press Austin. [Edición en español, 1980, *Astronomía en la América antigua, Siglo XXI*, México.]
- (1978), "Three round towers in the Yucatan peninsula", *Interciencia*, 3: 136-143.
- (1980), *Skywatchers of ancient Mexico*, University of Texas Press, Austin. [Edición en español, 1991, *Observadores del cielo en el México Antiguo*, FCE, México.]
- (1981a), "Archaeoastronomy", *Advances in Archaeological Method and Theory*, 4: 1-81.
- (1981b), "Horizon astronomy in Incaic Cuzco", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md., pp. 305-318.
- (1981c), "Tropical archaeoastronomy", *Science*, 313: 161-171.
- (1981d), "Archaeoastronomy in the Maya region: A Review of the past decade", *Archaeoastronomy*, núm. 3 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 12): S1-S16.
- (comp.) (1982a), *Archaeoastronomy in the New World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1982b), "Horizontal astronomy in Incaic Cuzco", *Lateinamerika Studien*, 10: 175-193.

- Aveni, A. F. (1986), "Archaeoastronomy: Past, present, and future", *Sky and Telescope*, 72: 456-460.
- (1987a), "Archaeoastronomy in the southwestern U.S.: A neighbor's eye view", en J. Carlson y J. Judge (comps.), *Astronomy and ceremony in the prehistoric Southwest*, Maxwell Museum of Anthropology Papers, núm. 2, Albuquerque, pp. 9-23.
- (1987b), "On seeing the light", *Archaeoastronomy*, 10: 22-24.
- (1987c), "Some parallels in the development of Maya and Roman calendars", *Interciencia*, 12: 108-115.
- (comp.) (1988a), *New directions in American archaeoastronomy*, actas del 45th International Congress of Americanists, British Archaeological Reports International Series S454, Amsterdam.
- (1988b), "The Thom paradigm in the Americas, en C. L. N. Ruggles (comp.), *Records in stone*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 442-472.
- (1989a), *Empires of time: calendars, clocks and cultures*, Basic, Nueva York.
- (1989b), "Pecked cross petroglyphs at Xihuingo", *Archaeoastronomy*, núm. 14 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 20): S73-S115.
- (1989c), "The role of astronomical orientation in the delineation of world view: A center and periphery model", en D. Carrasco (comp.), *The imagination of matter*, British Archaeological Reports International Series 515, Oxford, pp. 85-102.
- (1989d), "Whither archaeoastronomy?", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-12.
- (comp.) (1989e), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1990a), "The real Venus-Kukulcan in the Maya inscriptions and alignments", en V. Fields (comp.), *Sixth Mesa Redonda de Palenque*, 1986, University of Oklahoma Press, Norman, pp. 309-321.
- (1990b), *The lines of Nazca*, American Philosophical Society, Filadelfia.
- (1991a), "Mapping the ritual landscape: Debt payment to Tlaloc during the month of Atlcahualo", en D. Carrasco (comp.), *To change place: Aztec ceremonial landscapes*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 58-73.
- (1991b), *Observadores del cielo en el México antiguo*, FCE, México. [Traducción al español de *Skywatchers of ancient Mexico*, University of Texas Press, Austin, 1980.]
- (1992a), *Conversing with the planets: How science and Myth invented the Cosmos*, Times Books, Nueva York. [Reimpreso en 1993 por Kodansha.]
- (1992b), The moon and the Venus Table: An example of commensuration in the Maya calendar, en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 87-101.

- Aveni, A. F. (1992c), "Nobody asked, but I couldn't resist: A response to Keith Kintigh on archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 6: 1, 4.
- (comp.) (1992d), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford.
- (1993a), *Ancient astronomers*, Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- (1993b), "Archaeoastronomy in the Americas since Oxford 2", en C. L. N. Ruggles (comp.), *Archaeoastronomy in the 1990's*, Loughborough, Inglaterra, Group D, pp. 15-32.
- (1996) "Astronomy and the ceque system", *Journal of the Steward Anthropological Society*, 24 (1, 2): 157-172.
- (1997), *Stairways to the stars: Skywatching in three great ancient cultures*, Wiley, Nueva York.
- (1999), "Astronomy in the Mexican Codex Borgia", *Archaeoastronomy*, núm. 24 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 30): S1-S20.
- (2000a), *Between the lines: The mystery of the giant ground drawings of ancient Nasca, Peru*, University of Texas Press, Austin.
- (2000b), "Out of Teotihuacan: Origins of the celestial canon in Mesoamerica", en D. Carrasco, L. Jones, y S. Sessions (comps.), *Mesoamerica's classical heritage: From Teotihuacan to the Aztecs*, pp. 253-268, University Press of Colorado, Niwot.
- (2001) "A statistical approach to the astronomical efficacy of Group E Structures", ensayo presentado en el congreso de la Society of American Anthropologist, abril, Nueva Orleans.
- Aveni, A. F., y G. Brotherston (comps.) (1983), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American computations of time*, British Archaeological Reports International Series S174.
- Aveni, A. F., y E. Calnek (1999), "Astronomical considerations in the Aztec expression of history: Eclipse data", *Ancient Mesoamerica* 10 (1): 87-98.
- Aveni, A. F., E. Calnek, y H. Hertung (1988), "Myth, environment, and the orientation of the Templo Mayor of Tenochtitlan", *American Antiquity*, 53: 287-309.
- Aveni, A. F., M. Closs, y H. Hartung (1993), "An appraisal of Baudez' appraisal of Archaeoastronomy at Copan and elsewhere", *Indiana*, 13: 87-95.
- Aveni, A. F., y S. L. Gibbs (1976), "On the orientation of pre-Columbian buildings in Central Mexico", *American Antiquity*, 41: 510-517.
- Aveni, A. F., S. L. Gibbs, y H. Hartung. (1975), "The Caracol tower at Chichén Itzá: An ancient astronomical observatory?", *Science*, 188 (4192): 977-985.
- Aveni, A. F., y H. Hartung (1976), "Investigación preliminar de las orientaciones astronómicas de Copán", *Yaxkin* (Tegucigalpa, Honduras), 1 (3): 8-13.

- Aveni, A. F., y H. Hartung (1978), Three Maya astronomical observatories in the Yucatan peninsula, *Interciencia*, 3 (3): 136-143.
- (1981), "The observation of the sun at the time of passage through the zenith in Mesoamerica", *Archaeoastronomy*, núm. 3 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 12): S1-S16.
- (1982), "New observations of the pecked cross petroglyph", *Lateinamerika Studien*, 10: 25-41.
- (1983), "Note on the discovery of two new pecked cross petroglyphs", *Archaeoastronomy Bulletin*, 5 (3): 21-23.
- (1985), "Las cruces punteadas en Mesoamérica: versión actualizada", en *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* 4, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, pp. 3-13.
- (1986), "Maya city planning and the calendar", *Transactions of the American Philosophical Society*, 76(7): 1-79.
- (1988), "Archaeoastronomy and dynastic history at Tikal", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy* (actas del 46th International Congress of Americanists, Amsterdam, 1988), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 1-16.
- (1989), Uaxactun, Guatemala, Group E and similar assemblages: An archaeoastronomical reconsideration, en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 441-460.
- (2000), "Water, mountain, sky: The evolution of site orientations in southeast Mesoamerica", en E. Quiñones Keber (comp.), *Precious greenstone precious feathers/In Chalchihuitl in Quetzalli*, Labyrinthos, Culver City, Calif.
- Aveni, A. F., H. Hartung, y B. Buckingham (1978), "The pecked cross symbol in ancient Mesoamerica", *Science*, 202: 267-279.
- Aveni, A. F., H. Hartung, y J. C. Kelley (1982), "Alta Vista (Chulchihuites): Astronomical implications of a Mesoamerican ceremonial outpost at the Tropic of Cancer", *American Antiquity* 47: 316-335.
- Aveni, A. F., y L. Hotaling (1994), "Monumental inscriptions and the observational basis of Maya planetary astronomy", *Archaeoastronomy*, núm. 19 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 25): S21-S24.
- Aveni, A. F., y R. M. Linsley (1972), "Mound J, Monte Albán: Possible astronomical orientation", *American Antiquity*, 37: 528-531.
- Aveni, A. F., y Y. Mizrahi (1998), "The geometry and astronomy of Rujm el-Hiri, a megalithic site in the southern Levant", *Journal of Field Archaeology*, 25: 475-496.
- Aveni, A. F., S. Morandi, y P. Peterson (1995), "The Maya number of time", *Archaeoastronomy*, núm. 20 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 26): S1-S28.

- Aveni, A. F., S. Morandi, y P. Peterson (1996), "The Maya number of time", *Archaeoastronomy*, núm. 21 (suplemento del *Journal of the History of Astronomy* 27): S1-S32.
- Aveni, A. F., y G. Romano (1994), "Orientation and Etruscan ritual", *Antiquity*, 68: 545-563.
- (2000), "Temple orientation in Magna Graecia and Sicily", *Archaeoastronomy*, núm. 25 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 31): S51-S57.
- Aveni, A. F., S. Sugiyama, T. Murakami, y S. Kabata (2001), "Monumental Architecture at the Moon Pyramid", ensayo presentado en el congreso de la SAA abril, Nueva Orleans.
- Aveni, A. F., y G. Urton (comps.) (1982), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, Anales de la New York Academy of Sciences, 385, Nueva York.
- Baer, P., y W. Baer (1971), *Two studies on the Lacandonones of Mexico*, Summer Institute of Linguistics, publications in linguistics and related fields, 33, University of Oklahoma Press, Norman.
- Baird, E. (1989), "Stars and War at Cacaxtla", en R. Diehl and J. Berlo (comps.), *Mesoamerica after the decline of Teotihuacan, A.D. 700-900*, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D. C. pp. 105-122.
- Baity, E. C. (1969), "Some implications of astro-archaeology for Americanists", *Acts of the 38th International Congress of Americanist*, Munich.
- (1973), "Archaeoastronomy and ethnoastronomy so far", *Current Anthropology*, 14(4): 389-449.
- Barthel, T. (1968), El complejo "Emblema", *Estudios de Cultura Maya* (UNAM, México), 7: 159-193.
- Bar-Yosef, O., I. HersHKovits, E. Arbel, y A. Goren (1983), "The orientation of *nawamis* entrances in southern Sinai: Expressions of religious beliefs and seasonality?", *Tel Aviv*, 10: 52-60.
- Baudez, C. (1987), "An appraisal of archaeoastronomy at Copan and elsewhere", *Indiana*, 2: 63-69.
- Bauer, B. (1998), *The sacred landscape of the Inca: The Cusco ceque system*, University of Texas Press, Austin.
- Bauer, B., y D. Dearborn (1995), *Astronomy and Empire in the Ancient Andes*, University of Texas Press, Austin.
- Belmonte, J. et al. (1994), *Arqueoastronomía hispánica: Prácticas astronómicas en la prehistoria de la Península Ibérica y los archipiélagos Balear y Canaria*, Equipo Sirius, Madrid.
- Benchley, E. C. (1970), "Mississippian calendrics: Some suggestions", ensayo leído en el congreso de la American Anthropological Association, San Diego.
- Benson, A., y T. Hoskinson (comps.) (1985), *Papers from the Northridge Conference*, Slo'w Press, Thousand Oaks, Calif.

- Berger, U. (1994), European concepts and the astronomical records of C. Ríos and C. Telleriano Remensis, en S. Iwaniszewski *et al.* (comps.), *Time and astronomy at the meeting of two worlds*, CESLA, Varsovia, pp. 25-42.
- (s. p. i), "Aztecs star constellations and Aztec cosmology".
- Berlin, H. (1958), "El glifo 'emblema' en las inscripciones mayas", *Journal de la Société des Américanistes* (París), 47: 111-119.
- Best, E. (1955), *The astronomical knowledge of the Maori*, Dominion Museum Monograph, Wellington.
- Betanzos, J. de (1968), *Suma y narración de los incas (1551)*, Crónicas de interés indígena, Biblioteca de Autores Españoles, Madrid.
- Beyer, H. (1910), "La astronomía de los antiguos mexicanos", *Anales del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía*, 2(3-5): 221-240; (6-8): 241-243.
- (1933), "The relation of the synodical month and eclipses to the Maya correlation problem", *Middle American Research Institute Publication*, 5: 301-319, Tulane University, Nueva Orleans.
- Bill, C. (1997), "The role of relationships of God M and other black gods in the codices with specific reference to pages 50-56 of the Madrid Codex", en V. Bricker y G. Vail (comps.), *Papers on the Madrid Codex*, Middle American Research Institute Publication 64, Tulane University, Nueva Orleans, pp. 111-146.
- Blom, F. (1924), Archaeology: Report of Mr. Frans Blom on the preliminary work at Uaxactun, *Carnegie Institution of Washington Yearbook*, 23: 217-219.
- Bolles, D. (1988), "Colonial Mayan literature sheds light on the Mayan calendar, the solar-agricultural year, and correlation questions", *Latin American Literature Journal*, 14 (10): 27-53.
- Bowditch, C. P. (1910), *The numeration, calendar systems and astronomical knowledge of the Mayas*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Brandt, J. C., S. P. Maran, R. Williamson, R. S. Harrington, C. Cochran, M. Kennedy, W. J. Kennedy, y V. D. Chamberlain (1975), "Possible rock art records of the Crab Nebula supernova in the western United States", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 45-58.
- Brandt, J. C., y R. A. Williamson (1977), "Rock art representations of the A.D. 1054 supernova: A progress report", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 171-177.
- Brasseur de Bourbourg, C. E. (1867), "Rapport sur les ruines de Mayapan et d'Uxmal au Yucatan (Mexique)", *Archives de la Commission Scientifique du Mexique* (París), 2: 234-285.
- Brecher, K. (comp.) (1979), *Astronomy of the ancients*, MIT Press, Cambridge, Mass.

- Bretagnon, P., y J.-L. Simon (1986), *Planetary programs and tables from -4000 to +2800*, Willmann-Bell, Richmond.
- Bricker, H. (1996), "Nightly variation in the characteristics of Venus near times of greatest elongation", en M. Macri, y J. McHargue (comps.), *Eighth Palenque Round Table*, 1993, PreColumbian Art Research Institute, San Francisco, pp. 369-377.
- Bricker, H., A. Aveni, y V. Bricker (s. p. i), "Ancient Maya documents concerning the movement of Mars", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, en prensa.
- Bricker, H., y V. Bricker (1983), "Classic Maya prediction of solar eclipses", *Current Anthropology*, 24 (1): 1-24.
- (1992), "Zodiacal references in the Maya codices", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 148-183.
- (1996), "Astronomical references in the throne inscription of the Palace of the Governor at Uxmal", *Cambridge Archaeological Journal*, 6 (2): 191-229.
- (1997), "More on the Mars Table in the Dresden Codex", *Latin American Antiquity*, 8: 384-397.
- (1999), "Astronomical orientations of the skyband bench at Copan", *Journal of Field Archaeology*, 26 (4): 435-442.
- Bricker, V. (1982), "The origins of the Maya solar calendar", *Current Anthropology*, 23: 101-103.
- (1983), "Directional glyphs in Maya inscriptions and codices", *American Antiquity*, 48: 347-353.
- (1988), "The relationship between the Venus Table and an almanac in the Dresden Codex", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy*, British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 81-103.
- (s. p. i), "The Venus almanac on pages 53 and 54 of the Borgia Codex".
- Bricker, V., y H. Bricker (1986a), "Astronomical implications of an agricultural almanac in the Dresden Codex", *Mexicon*, 8: 29-35.
- (1986b), "The Mars Table in the Dresden Codex", *Middle American Research Institute Publication*, 57: 51-80, Tulane University, Nueva Orleans.
- (1986c), "The Mars Table in the Dresden Codex", en E. W. Andrews V, (comp.), *Research and reflections in archaeology and history: Essays in honor of Doris Stone*, Middle American Research Institute Publication 57, Tulane University, Nueva Orleans.
- (1988), "The Seasonal Table in the Dresden Codex and related almanacs", *Archaeoastronomy*, núm. 12 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 19): S1-S62.
- (1992), "A method for cross-dating almanacs with tables in the Dresden

- Codex", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 76-81.
- Bricker, V., y H. Bricker (s. p. i), "Astronomical references in the water tables on pages 69 to 74 of the Dresden Codex", en E. Boone (comp.), *Mesoamerican manuscript studies: A symposium in honor of Mary Elizabeth Smith*, Middle American Research Institute, Tulane, en prensa.
- Bricker, V., y M. Miram (s. p. i), *An encounter of two worlds: The Book of Chilam Balam of Kaua*, Tulane University, Middle American Research Institute Publication, Nueva Orleans, en prensa.
- Bricker, V., y G. Vail (comps.) (1997), *Papers on the Madrid Codex*. Middle American Research Institute Publication 64, Tulane University, Nueva Orleans.
- Brinton, D. (1895), *A primer of Mayan hieroglyphics*, University of Pennsylvania Series in Philology, Literature and Archaeology, 3 (2), Filadelfia.
- Broda, J. (1969), "The Mexican calendar as compared to other Mesoamerican systems", *Acta Ethnologica et Linguistica* (Viena) 15.
- (1979a), *Culto y sociedad mexicana: Un estudio sobre ideología y estructuras de poder en el México pre-hispánico*, Centro de Investigaciones Superiores del INAH, México.
- (1979b), "La fiesta azteca del fuego nuevo y el culto de las Pléyades", *Lateinamerika Studien*, 10: 129-158.
- (1982), "Astronomy, *cosmovisión* and ideology in prehispanic Mesoamerica", en A. F. Aveni, y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 385: 81-110.
- (1991), "Cosmovisión y observación de la naturaleza: El ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (comps.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, pp. 461-500.
- (1993), "Astronomical knowledge, calendrics, and sacred geography in ancient Mesoamerica", en C. L. N. Ruggles and N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 253-295.
- Broda, J., S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (1991), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, UNAM, México.
- Brotherston, G. (1979), *Image of the New World*, Thames and Hudson, Londres.
- Bruce, R. (1974), *El Libro de Chan K'in*, INAH, México. (Colección Científica Lingüística, 12.)
- Bureau des Longitudes, *Annuaire pour l'an 1949-1950*, Gauthier-Villars, París.
- Carlson, J. B. (1975), "Lodestone compass: Chinese or Olmec primacy", *Science*, 189: 753-760.

- Carlson, J. B. (1976), "Astronomical investigations and site orientation influences at Palenque", en M. Greene Robertson (comp.), *The art, iconography, and dynastic history of Palenque, part III* (actas de la Segunda Mesa Redonda de Palenque, diciembre, 1974, 14-21), Robert Louis Stevenson School, Pebble Beach, Calif., pp. 107-122.
- (1977), "Copan Altar Q: The Maya astronomical congress of A.D. 763?", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 100-109.
- (1983), "The Grolier Codex: A preliminary report on the content and authenticity of a 13th century Maya Venus almanac", en A. F. Aveni, y G. Brotherton (comps.), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American computations of time*, British Archaeological Reports International Series 174, Oxford, pp. 27-58.
- (1987), "Romancing the stone, or moonshine on the sun dagger", en J. Carlson y J. Judge (comps.), *Astronomy and ceremony in the prehistoric Southwest*, Maxwell Museum of Anthropology Papers, núm. 2, Albuquerque, pp. 71-88.
- (1990), "America's ancient skywatchers", *National Geographic*, 177: 76-107.
- (1991), *Venus-regulated warfare and ritual sacrifice in Mesoamerica: Teotihuacan and Cacaxtla "Star Wars" connection*, Center for Archaeoastronomy Technical Publication 7.
- (1993a), "Venus-regulated warfare and ritual sacrifice in Mesoamerica", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 202-252.
- (1993b), "Rise and fall of the city of the gods", *Archaeology*, 46 (6): 58-69.
- (1999), "Pilgrimage and the equinox "serpent of light and shadow", phenomenon at the Castillo, Chichén Itzá, Yucatan", *Archaeoastronomy*, 14 (1): 136-152.
- Carlson, J., D. Deaborn, S. McCluskey, y C. L. N. Ruggles (1989), "Astronomy in culture", *Archaeoastronomy*, 14 (1): 3-21.
- Carlson, J., y J. Judge (comps.) (1987), *Astronomy and ceremony in the prehistoric Southwest*, Maxwell Museum of Anthropology Papers, núm. 2, Albuquerque.
- Carlson, J., y L. Landis (1985), "Bands, bicephalic dragons, and other beasts: The skyband in Maya art and iconography", en E. Benson (comp.), *The Palenque Round Table*, Series vi, Pre-Columbian Art Institute, San Francisco, pp. 115-140.
- Carrasco, D. (1982), *Quetzalcoatl and the irony of empire: Myths and prophecies in the Aztec tradition*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1989), "Offenses, perspectives and the religious imagination in the study of Mesoamerican origins", en D. Carrasco (comp.), *The imagination of matter: Religion and ecology in Mesoamerican traditions*, British Archaeological Reports International Series 515, pp. 1-16.

- Carrasco, D. (1990), *Religions of Mesoamerica, cosmovision and ceremonial centers*, Waveland, Prospect Heights, Ill.
- Caso, A. (1935), *Las exploraciones en Monte Albán, temporada 1934-1935*, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 18, México.
- (1946), "La piedra del Sol", en *México prehispánico*, México, pp. 591-595.
- (1950), "Explicación del reverso del Codex Vindobonensis", *Memoria del Colegio Nacional* (México), 5 (6): 1-46.
- (1958), *The Aztecs: People of the sun*, traducido por L. Dunham, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1960), *Interpretation of the Codex Bodley 2858*, Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- (1964), *Interpretation of the Codex Selden 3135 (A. 2)*, Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- (1965), "Mixtec writing and calendar", en R. Wauchope (comp.), *Handbook of Middle American Indians*, vol. 3, *Archaeology of southern Mesoamerica*, G. R. Willey (comp.), University of Texas Press, Austin, pp. 1948-1961.
- (1967), *Los calendarios prehispánicos*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México.
- (1971), "Calendrical systems of central Mexico", en R. Wauchope (comp.), *Handbook of Middle American Indians*, vol. 10, *Archaeology of northern Mesoamerica*, G. Ekholm e I. Bernal (comps.), University of Texas Press, Austin, pp. 333-348.
- Castañeda, Q. (1996), *In the museum of Maya culture: Touring Chichén Itzá*, University of Minnesota Press, Minnéapolis.
- Castleden, R. (1987), *The Stonehenge people*, Routledge, Londres.
- Chamberlain, Von Del (1982), *When stars came down to earth: Cosmology of the Skidi Pawnee Indians of North America*, Ballena Press, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md.
- Chase, A. (1983), A contextual consideration in the Tayasal-Paxcaman zone, El Petén, Guatemala, tesis doctoral, University of Pennsylvania.
- Chase, A., y D. Chase (1995), "External impetus, internal synthesis, and standardization: E group assemblages and the crystallization of Classic Maya society in the southern lowlands", en N. Grube (comp.), *The emergence of lowland Maya culture*, *Acta Mesoamericana*, 8: 87-102.
- Cieza de León, P. (1973), *La crónica del Perú*, editada por J. Muñoz Rodríguez, C. Estremadoyro, y J. Muñoz Ordóñez, Biblioteca Peruana, Lima.
- Clark, J. C. (ed. y trad.) (1938), *Codex Mendoza: The Mexican manuscript known as the Collection of Mendoza and preserved in the Bodleian Library*, Oxford, 3 vols., Londres.

- Closs, M. (1977), "The date-reaching mechanism in the Venus table of the Dresden Codex", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 89-99.
- (1979), "Venus and the Maya world: Glyphs, gods and associated astronomical phenomena", en M. G. Robertson y D. Jeffers, *Tercera Mesa Redonda de Palenque*, 4: 147-166, Herald, Monterrey.
- (1992), "Some parallels in the astronomical events recorded in the Maya codices and inscriptions", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 133-147.
- Closs, M., A. F. Aveni, y B. Crowley (1984), "The planet Venus and Temple 22 at Copán", *Indiana*, 9: 221-247.
- Cobo, B. (1956), *Historia del Nuevo Mundo* (1653), Biblioteca de Autores Españoles, 91-92, Madrid.
- Cochran, D. (1992), "Adena and Hopewell cosmology: New evidence from east central Indiana", en R. Hicks (comp.), *Native American cultures in Indiana*, Minnetrista Cultural Center y Ball State University, Muncie, Ind., pp. 24-40.
- Codex Bodley, Bodleian Library, Oxford, MS. Mex. d.1 (HMAI Census núm. 31). Véase también Caso, A., 1960.
- Codex Borbonicus, Bibliothèque Nationale, París, *Codices Selecti*, vol. XLIV, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.
- Codex Dresden (Dresdensis), Royal Public Library, Dresden, *Codices Selecti*, vol. LIII, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.
- Codex Fejérváry-Mayer, Free Public Museum, Liverpool, 12014/M (HMAI Census núm. 118), *Codices Selecti*, vol. xxvi, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.
- Codex Florentine, Laurentian Library, Florencia (HMAI Census núm. 274).
- Codex Grolier, véase Coe, 1973.
- Codex Madrid (Tro-Cortesianus), Museo de América, Madrid, *Codices Selecti*, vol. VIII, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.
- Codex Magliabecchiano CL. XIII, *Codices Selecti*, vol. xxiii, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.
- Codex Mendoza, Bodleian Library, Oxford, MS. Arch. Seld. A.i. (HMAI Census núm. 196).
- Codex Muro, Museo Nacional de Antropología, núms. 35-68 (HMAI Census núm. 228), México.
- Codex Nuttall: A picture manuscript from ancient Mexico*, editado por Z. Nuttall, reimpresso en 1975, Dover, Nueva York.
- Codex Paris (Peresianus), Bibliothèque Nationale, París. *Codices Selecti*, vol. ix, Akademische Druck-u., Verlaganstalt, Graz.

- Codex Selden, Bodleian Library, Oxford, MS. Arch. Seld. A.2 (HMAI Census núm. 283).
- Codex Telleriano-Remensis, Bibliothèque Nationale, París, Fonds Mexicains, núm. 385 (HMAI Census núm. 395). Véase también Quiñones Keber, 1996.
- Codex Vaticanus 3773 (Vaticanus B), *Codices Selecti*, vol. xxxvi, Akademische Druck-u., Verlagsanstalt, Graz.
- Codex Vienna (Vindobonensis), Nationalbibliothek, Viena, Mexicanus I (HMAI Census núm. 395).
- Coe, M. D. (1962), *México*, ed. rev. Praeger, Nueva York.
- (1973), *The Maya scribe and his world*, Grolier, Nueva York.
- (1975), "Native astronomy in Mesoamerica", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 3-31.
- (1976), "Early steps in the evolution of Maya writing", en *Origins of religions, art, and iconography in pre-classic Mesoamerica*, UCLA, Latin American Studies Series, 31, Los Ángeles.
- (1992), *Breaking the Maya code*, Thames and Hudson, Londres.
- (1993), *The Maya*, Thames and Hudson, Londres.
- (1994), *Mexico: From the Olmecs to the Aztecs*, ed. rev., Thames and Hudson, Londres.
- Coe, M. D., y K. V. Flannery (1987), *Early cultures and human ecology in south coastal Guatemala*, Smithsonian Contributions to Anthropology 3, Smithsonian Press, Washington, D. C.
- Coggins, C. (1980), "The shape of time: Some political implications of a four-part figure", *American Antiquity*, 45: 727-739.
- Coggins, C., y R. Drucker (1988), "The observatory at Dzibilchaltun", en A. F. Aveni (comp.), *New Directions in American archaeoastronomy* (actas del 46th International Congress of Americanists. Amsterdam), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 17-56.
- Collea, B. A. (1980). "The celestial bands in Maya hieroglyphic writing, tesis de licenciatura, SUNY, Binghamton.
- Collea, B. A., y A. F. Aveni (1978), *A selected bibliography on Native American astronomy*, Colgate University, Hamilton, Nueva York.
- Colton, R., y R. L. Martin (1967), "Eclipse cycles and eclipses at Stonehenge", *Nature*, 213: 476-475.
- Comparato, F. (comp.) (1990), *Eduard Seler: Collected works in Mesoamerican linguistics and archaeology*. 6 vols., Labyrinthos, Culver City, Calif.
- Conklin, W. (1952). "The information system of Middle Horizon quipus", en A. F. Aveni, y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 385: 261-282.

- Cronista anónimo, véase Maúrtua, V. (1906).
- Cunningham, C. (1973), "Order in the Atoni house", en R. Needham (comp.), *Right and left: Essays on dual symbolic classification*, pp. 204-238, University of Chicago Press, Chicago.
- Cushing, F. (1941), *My adventures in Zuni*, Peripatetic, Santa Fe.
- Daniel, A. (1979), *Archaeoastronomy in the southeastern United States*, tesis doctoral, State University of New York at Stony Brook.
- Daniken, E. von (1971), *Chariots of the gods*, Bantam, Nueva York.
- Davoust, M. (1992), "Une nouvelle lecture de la série lunaire dans les monuments Maya", *Revista Española de Antropología Americana*, 22: 53-74.
- (1997), *Un nouveau commentaire du codex du Dresden*, CNRS, París.
- Deaborn, D. (1985), *Survey in comfort: A tool for archaeoastronomical studies*, impresión privada, Western Research Company, Tucson.
- Dearborn, D., y K. Schreiber (1986), "Here comes the sun: The Cuzco-Machu Picchu connection", *Archaeoastronomy*, 9: 15-37.
- Dearborn, D., M. Seddon, y B. Bauer (1998), "The sanctuary of Titicaca: Where the sun returns to earth", *Latin American Antiquity*, 9: 240-258.
- Deaborn, D., y R. White (1983), "The 'Torreon' of Machu Picchu as an observatory", *Archaeoastronomy*, núm. 5 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 14): S37-S49.
- (1989), "Inca observatories: Their relation to the calendar and ritual", en A. F. Aveni (comp.), *World Archaeoastronomy*, pp. 462-469, Cambridge University Press, Cambridge.
- Díaz Bolio, J. (1982), *La serpiente de luz de Chichén Itzá. Mérida: Área Maya*, folleto.
- Dibble, C. E., y A. J. O. Anderson (eds. y trads.) (1950-1970), *Florentine Codex: General history of the things of New Spain [by] Fray Bernardino de Sahagún*, 12 vols., monografías de la School of American Research, 14, partes II-XIII, University of Utah Press, Ogden.
- Dinsmoor, W. B. (1939), *Archaeology and astronomy*, *Proceedings of the American Philosophical Society* (Filadelfia), 80: 95-173.
- Dogget, L., y B. Schaefer (1994), "Lunar crescent visibility", *Icarus*, 107: 388-403.
- Dow, J. (1967), *Astronomical orientations at Teotihuacan: A case study in archaeoastronomy*, *American Antiquity*, 32: 326-334.
- Drewitt, R. B. (1987), "Measurement units and building axes at Teotihuacan", en E. McClung de Tapia, y E. Rattray (comps.), *Teotihuacan: Nuevos datos, nuevas síntesis, nuevos problemas*, pp. 392-393, UNAM, México.
- Drucker, R. D. (1977), "A solar orientation framework for Teotihuacan", en *Los procesos de cambio: XV Mesa redonda*, II, pp. 277-284, Sociedad Mexicana de Antropología, México.

- Duffet-Smith, P. (1981), *Practical astronomy with your calculator*, 2ª ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Durán, D. (1951), *Historia de las Indias de Nueva España y islas de tierra firme*, Editora Nacional, México.
- (1964), *The Aztecs: The history of the Indies of New Spain*, editado y traducido por D. Heyden y F. Horcasitas, Orion, Nueva York.
- (1971), *The book of the gods and rites and the ancient calendar*, traducido y editado por F. Horcasitas y D. Heyden, University of Oklahoma Press, Norman.
- Dursin, E. (1968), Orientations of Mesoamerican structures: A study in astroarchaeology, tesis de licenciatura, Universidad de las Américas, Cholula, México.
- Dütting, D. (1979), "Sustina gracia: An inquiry into the farmer's almanac of the Dresden Codex", *Indiana*, 5: 145-165.
- Dütting, D., A. F. Aveni, y M. Schramm (1982), "The 2 Cib 14 Mol event in the inscriptions of Palenque, Chiapas, Mexico", *Zeitschrift für Ethnologie*, cvii/2: 233-258.
- Dütting, D., y M. Schramm (1988), "The sidereal period of the moon in Maya calendrical astronomy", *Tribus*, 37: 139-173.
- Earle, D. (1983), "The metaphor of the day in Quiche: Notes on the nature of everyday life", en G. Gossen (comp.), *Symbol and meaning beyond the closed community: Essays in Mesoamerican ideas*, State University of New York at Albany, Institute for Mesoamerican Studies, pp. 155-172.
- Earle, D., y D. Snow (1985), "The origin of the 260-day calendar: The gestation hypothesis reconsidered in the light of its use among the Quiche-Maya", en *The Palenque Round Table series VII*, Pre-columbian Art Institute, San Francisco, pp. 241-244.
- Eddy, J. (1974), "Astronomical alignment of the Big Horn Medicine Wheel", *Science*, 18: 1035-1043.
- (1977), "Medicine wheels and Plains Indian astronomy", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 147-170, University of Texas Press, Austin.
- Edmonson, M. (1982), *The ancient future of the Itza: The Book of Chilam Balam of Tizimin*, University of Texas Press, Austin.
- (1988), *The book of the year: Middle American calendar systems*, University of Utah Press, Salt Lake City.
- Eliade, M. (1958), *Patterns of comparative religion*, Sheed and Ward, Nueva York.
- *The sacred and the profane: The nature of religion*, traducido por W. R. Trask, Harcourt, Brace & World, Nueva York.
- Ellis, F. H. (1975), "A thousand years of the Pueblo sun-moon-star calendar", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 59-87.

- Escalona Ramos, A. (1940), *Cronología y astronomía maya-mexica (con un anexo de historias indígenas)*, México.
- Evans, J. (1998), *The history and practice of ancient astronomy*, Oxford University Press, Oxford.
- Evans, J., y H. Hillman (1979), "Documentation of some lunar and solar events at Casa Grande", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md., pp. 111-132.
- Fabian, S. (1992), *Space time of the Bororo of Brazil*, University of Florida Press, Gainesville.
- Farhi, B., y A. F. Aveni (1997), "Solar eclipses and the Temple of the Plumed Serpents, Xochicalco, México", *Archaeoastronomy*, núm. 22 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 28): S83-S85.
- Fash, W. (1991), *Scribes, warriors and kings: The city of Copan and the ancient Maya*, Thames and Hudson, Londres.
- Fash, W., y B. Fash (2000), "Teotihuacan and the Maya: A classic heritage", en D. Carrasco, L. Jones, y S. Sessions (comp.), *Mesoamerica's classical heritage from Teotihuacan to the Aztecs*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 433-464.
- Fewkes, J. (1895), "The Tusayan fire ceremony", *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 26: 453.
- Fletcher, A. (1902), "Star cult among the Pawnee—a preliminary report", *American Anthropologist*, 4: 730-736.
- Foncerrada de Molina, M. (1965), *La escultura arquitectónica de Uxmal*, Instituto de Investigaciones Estéticas, México, UNAM, Estudios y Fuentes de Arte, en México, 20.
- Förstemann, E. W. (1901), *Commentar zur Mayahandschrift der Königlichen öffentlichen Bibliothek zur dresden*. [Traducción de Wesselhoft y A. M. Parker, y publicado en 1906 como *Commentary on the Maya manuscript in the Royal Public Library of Dresden*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers, 4, Cambridge, Mass.]
- (1904a), "The Central American Calendar", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 515-519.
- (1904b), "Maya chronology", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 473-489.
- (1904c), "The Pleiades among the Mayas", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 521-524.
- (1904d), "The time periods of the Mayas", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 491-498.
- Frazer, J. G. (1936-1937), *The golden bough: A study of magic and religion*, 3ª ed., Macmillan and Co., Londres.

- Freidel, D., L. Schele, y J. Parker (1993), *Maya cosmos: Three thousand years on the shaman's path*, William Morrow, Nueva York.
- Furst, J. L. (1978), *Codex Vindobonensis I: A Commentary*, SUNY Albany Institute of Mesoamerican Studies, 4.
- Furst, P. (1986), "Human biology and the origin of the 260-day sacred almanac: The contribution of Leonhard Schultze Jena (1872-1955)", en G. Gossen (comp.), *Symbol and meaning beyond the closed community: Essays in Mesoamerican ideas*, SUNY Albany Institute of Mesoamerican Studies, Studies on Culture and Society, vol. 1, pp. 69-76.
- Fuson, R. H. (1969), "The orientation of Mayan ceremonial centers", *Annals of the Asociation of American Geographers*, 59 (3): 494-511.
- Fustel de Coulanges, N. (1864), *The Ancient City*, Doubleday, Nueva York.
- Galindo T. J. (1990), "Solar observations in ancient Mexico: Malinalco", *Archaeoastronomy*, núm. 15 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 21): S17-S36.
- (1994), *Arqueoastronomía en la América antigua*, Equipo Sirius, Madrid.
- García, G. (1910), *The true history of the conquest of New Spain: By Bernal Díaz del Castillo one of its conquerors*, vol. 3, Hakluyt Society, México.
- Garcilaso de la Vega, El Inca (1966), *Royal commentaries of the Incas and general history of Peru*, 2 vols., traducción de H. V. Livermore, University of Texas Press, Austin.
- Gates, W. E. (1900), *The Maya and Tzeltal calendars: Comprising the complete series of days, with their positions in the month, for each one of the fifty-two*, Cleveland.
- Gibbs, S. L. (1977), "Mesoamerican calendrics as evidence of astronomical activity", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 21-35, University of Texas Press, Austin.
- Gilpin, L. (1948), *Temples in Yucatan: A camera chronicle of Chichén Itzá*, Hastings House, Nueva York.
- Gingerich, O. (1982), "Summary: Archaeoastronomy in the tropics", en A. F. Aveni y G. Urton, *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 385: 183-202.
- Girard, R. (1948), *El calendario maya-mexica: Origen, función, desarrollo y lugar de procedencia*, Editorial Stylo, México.
- (1962), *Los mayas eternos*, Antigua Librería Robredo, México.
- (1966), *Los mayas: Su civilización, su historia, sus vinculaciones continentales*, Libro México, México.
- Goldstine, H. (1973), *New and full moons. 1001 B. C. to A. D. 1651*, American Philosophical Society Memoirs 94, Filadelfia.
- González Torres, Y. (1975), *El culto a los astros entre los mexicas*, SEP Setentas, México.

- Goodman, J. T. (1897), "The archaic Maya inscriptions", apéndice del vol. VI de *Biología Centrali-Americana (Archaeology)*, de A. P. Maudsley, Porter, Londres.
- Goodwin, M. (1998), "The archaeoastronomy of early Minoan Crete", tesis de licenciatura, Bryn Mawr.
- Gossen, G. (1972), "Temporal and spatial equivalents in Chamula ritual symbolism", en W. Lessa y E. Z. Vogt (comps.), *Reader comparative religion: An anthropological approach*, Harper and Row, Nueva York.
- (1974a), *Chamulas in the world of the sun: Time and space in a Maya oral tradition*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Graham, I. (1975), *Corpus of Maya hieroglyphic inscriptions*, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Cambridge, Mass.
- Griffin-Pierce, T. (1992a), *Earth is my mother, sky is my father: Space, time and astronomy in Navajo sandpainting*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Guamán Poma de Ayala, Felipe (1936), *El primer nueva crónica y buen gobierno* [entre 1584 y 1614], Travaux et mémoires de l'Institut d'Ethnologie 23, Université de Paris, París.
- Guthe, C. E. (1921), *A possible solution of the number series on pages 51 to 58 of the Dresden Codex*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers, 6 (2), Cambridge, Mass.
- (1932a), "The Maya lunar count", *Science*, 75 (1941): 271-277.
- (1932b), "Notes on the eclipse table in the Dresden Codex (a Maya hieroglyphic manuscript)", *Science*, 76 (1981): 572.
- Haack, S. (1987a), "A critical evaluation of Medicine Wheel astronomy", *Plains Anthropologist*, 32: 72-82.
- (1987b), "Response to Kehoe", *Plains Anthropologist*, 32: 325-328.
- Haile, B. (1947), *Starlore among the Navaho*, Museum of Navaho Ceremonial Art, Santa Fe.
- Hamy [Jules] T. E. (ed.) (1899), *Codex Telleriano-Remensis: Manuscrit mexicain du cabinet de Ch.-M. LeTellier, archevêque de Reims à la Bibliothèque Nationale* (MS. Mexicain núm. 385).
- Hanke, L. (1974), *All mankind is one: A study of the disputation between Bartolomé de las Casas and Juan Ginés de Sepúlveda in 1550 on the intellectual and religious capacity of the American Indian*, Northern Illinois University Press, Dekalb.
- Harris, J., y S. Stearns (1977), *Understanding Maya inscriptions*, 2ª ed. rev., University of Pennsylvania, Museum of Archaeology and Anthropology, Filadelfia.
- Hartung, H. (1971), *Die Zeremonialzentren der Maya: Ein Beitrag zur Untersuchung der Planungsprinzipien*, Akademische Druck-u., Verlagsanstalt, Graz.
- (1975), "A scheme of probable astronomical projections in Mesoamerican

- architecture", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 191-204.
- Hartung, H. (1977a), "Ancient Maya architecture and planning: Possibilities and limitations for astronomical studies", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 111-129.
- (1977b), "Astronomical signs in the Codices Bodley and Selden", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 37-41, University of Texas Press, Austin.
- Hawkins, G. (1964), *Stonehenge decoded*, Doubleday, Nueva York.
- (1966), *Astro-archaeology*, "Research in Space Science", Special Report 226, Smithsonian Institution Astrophysical Observatory, Cambridge, Mass.
- (1968), "Astro-archaeology", *Vistas in Astronomy* 10, A. Beer (ed.), Pergamon, Nueva York, pp. 45-88.
- (1975), "Astroarchaeology: The unwritten evidence", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 131-162.
- Heggie, D., (comp.) (1982), *Archaeoastronomy in the Old World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Henderson, J. (1981), *The world of the ancient Maya*, Cornell University Press, Ithaca.
- (1997), *The world of the ancient Maya*, 2ª ed., Cornell University Press, Ithaca.
- Heyden, D. (1975), "An interpretation of the cave underneath the Pyramid of the Sun", *American Antiquity*, 40: 131-147.
- Hicks, R. D. (1976), "Astronomy in the ancient Americas", *Sky and Telescope*, 51: 372-377.
- Hissink, K. (1934), "Masken als Fassadenschmuck", *Abhand. Zur kulturgeschichte* III, Bd. 2, Heitz and Company, Strasburgo.
- Hively, R., y R. Horn (1982), "Geometry and astronomy in prehistoric Ohio", *Archaeoastronomy*, núm. 4 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy*, 13): S1-S20.
- (1984), "Hopewellian geometry and astronomy at High Bank", *Archaeoastronomy*, núm. 7 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 15): S85-S100.
- Hofling, C., y T. O'Neil (1992), "Eclipse cycles in the Moon Goddess Almanacs", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 102-132.
- Hoskin, M. (2000), "Tombs, temples and orientations in the Western Mediterranean", en C. Esteban y J. A. Belmonte (comps.), *Astronomy and cultural diversity*, pp. 27-34, Santa Cruz de Tenerife.
- Hudson, T. (1984), "California's first astronomers", en E. C. Krupp (comp.), *Archaeoastronomy and the roots of science*, Westview, Boulder, pp. 11-81.

- Hudson, T., y E. Underhay (1978), *Crystals in the sky: An intellectual odyssey involving Chumash astronomy, cosmology, and rock art*, Ballena Press, Santa Bárbara, Calif.
- Hugh-Jones, S. (1982), "The Pleiades and Scorpius in Barasana cosmology", en A. F. Aveni y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 385: 183-202.
- Isbell, B. (1978), *To defend ourselves*, Latin American Monograph, 47, Institute of Latin American Studies, Austin.
- Iwaniszewski, S. (1991), "La astronomía y la arqueología en Teotihuacan", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (comps.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, pp. 269-290.
- (1994), "Archaeology and archaeoastronomy of Mount Tlaloc, Mexico: A reconsideration", *Latin American Antiquity*, 5: 158-176.
- Iwaniszewski, S., A. Wiercinski, y M. Ziolkowski (comps.) (1994), *Time and astronomy at the meeting of two worlds*, CESLA, Varsovia.
- Jansen, M., y G. Aurora P. (1983), "The ancient Mexican astronomical apparatus: An iconographical criticism", *Archaeoastronomy*, 6 (1-4): 89-95.
- Jeremias, A. (1929), *Die Weltanschauung der Sumerer*, J. E. Hinrich'sche Buchhandlung, Leipzig.
- Jones, A. (1978), *Mathematical astronomy with a pocket calculator*, Wiley, Nueva York.
- Judge, W. J. (1987), "Archaeology and astronomy: A view from the southwest", en J. B. Carlson y W. J. Judge (comps.), *Astronomy and ceremony in the prehistoric southwest*, Papers of the Maxwell Museum of Anthropology, núm. 2, Albuquerque, pp. 1-8.
- Justeson, J. (1989), "Ancient Maya ethnoastronomy: An overview of the hieroglyphic sources", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 76-129.
- (1992), "Un desciframiento de la escritura epiolmeca: Métodos y resultados", *Arqueología*, 8: 10-25.
- (1993), "A decipherment of Epi-Olmec writing", *Science*, 259: 1703-1711.
- Justeson, J., y T. Kaufman (s. p. i.), "A chronological framework for the decipherment of the Epi-Olmec hieroglyphic writing", manuscrito no publicado.
- Kaler, J. (1996), *The ever changing sky: A guide to the celestial sphere*, Cambridge University Press, Nueva York.
- Kelly, D. H. (1975), "Planetary data on Caracol Stela 3", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 257-262.
- (1976), *Deciphering the Maya script*, University of Texas Press, Austin.
- (1977), "Maya astronomical tables and inscriptions", en A. F. Aveni (comp.), *Native American Astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 57-73.

- Kelly, D. H., y K. A. Kerr (1974), "Maya astronomy and astronomical glyphs", en E. Benson (comp.), *Mesoamerican writing systems*, pp. 179-215, Dumbarton Oaks, Research Library and Collections, Washington, D. C.
- Kelly, D., y E. Milone (2001), *Exploring ancient skies*, Springer-Verlag, Nueva York.
- Kelly, J. C. (1976), Alta Vista: Outpost of Mesoamerican empire on the Tropic of Cancer, *Las Fronteras de Mesoamérica*, xiv mesa redonda, Tegucigalpa, 1975, Sociedad Mexicana de Antropología, 1: 21-40.
- Kingsborough, E. (1831), *Antiquities of Mexico: Comprising facsimiles of ancient Mexican paintings and hieroglyphs*, 4 vols., Havell, Londres.
- Kintigh, K. (1992), "I wasn't going to say anything, but since you asked: Archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 5: 1, 4.
- Knorosov, Y. (1958), "The problem of the study of Maya hieroglyphic writing", *American Antiquity*, 23: 248-291.
- (1982), *Mesoamerican hieroglyphic codices*, Institute for Mesoamerican Studies, State University of New York at Albany.
- Köhler, U. (1989), "Comets and falling stars in the perception of Mesoamerican Indians", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 289-299.
- Kosok, P. (1965), *Life, land and water in ancient Peru*, Long Island University Press, Nueva York.
- Kowalski, J. (1987), *The House of the Governor*, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1996), "Comments to H. y V. Bricker's 'Astronomical references in the throne inscription of the Palace of the Governor at Uxmal'", *Cambridge Archaeological Journal*, 6 (2): 219-221.
- Krupp, E. C. (1977a), "Cahokia: Corn, commerce, and the cosmos", *Griffith Observer*, 41 (5): 10-20.
- (1977b), "The observatory of Kukulcan", *Griffith Observer*, 41 (9): 2-20.
- (comp.) (1978), *In Search of Ancient Astronomies*, Doubleday, Nueva York.
- (1982), "The serpent descending", *Griffith Observer*, 46(9): 1-20.
- (1983), *Echoes of the ancient skies: The astronomy of lost civilizations*, Harper, Nueva York.
- (1997), *Skywatchers, shamans, and kings*, Wiley, Nueva York.
- Kubler, G. (1975), *The art and architecture of ancient America*, 2ª ed., Pelican, Middlesex.
- (1976), "Andrews' dilemma and dynastic histories", *Acts of the XLI International Congress of Americanists*, 2:268-274, México.
- Kurbjuhn, K. (1989), *Maya: The complete catalog of glyph readings*, Schneider and Weber, Kassel.

- Kurjack, E., S. Garza, y J. Lucas (1979), "Archaeological settlement patterns and modern geography in the hill region of Yucatan", en L. Mills (comp.), *The Puuc: New perspectives*, Central College Publications núm. 1, Pella, Iowa.
- La Farge, O., y D. Byers (1931), *The Year Bearer's people*, Middle American Research Series Publication núm. 3, Tulane University, Nueva Orleans.
- Lamb, W. (1979), "Términos olvidados de la astronomía maya", *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán*, 9 (36): 19-44.
- Landa, D. de (1941), *Relación de las cosas de Yucatán* (1566), traducido y editado por A. M. Tozzer, Peabody Museum Papers, Harvard University, 18, Cambridge, Mass.
- LaPorte, J., y V. Fialko (1990), "New perspectives on old problems: Dynastic references for the early classic at Tikal", en F. Clancy y P. Harrison (comps.), *Vision and revision in Maya studies*, University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 33-66.
- Larios, R., y W. Fash (1994), "Architectural stratigraphy and epigraphic dating of Copan Str. 10L-22: An exercise in the conjunctive approach", en V. Fields (comp.), *Seventh Palenque Round Table*, pp. 69-78, Pre-Columbian Art Institute, San Francisco.
- Lee, T. (1985), *Los códices mayas*, Universidad Autónoma de Chiapas, Campeche.
- Lehmann, W. (1911), "Der Kalender der Quiché-Indianer Guatemalas: Ein Kapitel aus dem unveröffentlichten Manuskriptwerk des Padre Ximenez über die geschichte von Chiapas und Guatemala", *Anthropos*, 6(2): 403-410.
- (1922), "Las constelaciones del Orión y de las Híadas y su pretendida identidad de interpretación en las esferas eurasiática y sudamericana", *Revista del Museo de la Plata*, 26: 17-68.
- (comp.) (1949), *Colloquies and Christian doctrine* (1524), Stuttgart.
- Lehmann-Nitsche, R. (1928), "Coricancha: El Templo del Sol en el Cuzco y las imágenes de su altar mayor", *Revista del Museo de la Plata*, 31: 1-260.
- León-Portilla, M. (1963), *Aztec thought and culture*, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1973), *Time and reality in the thought of the Maya*, Beacon Press, Boston.
- Lepper, B. (1998), "Ancient astronomers of the Ohio valley", *Timeline* (enero-febrero): 2-11.
- Lévi-Strauss, C. (1966), *The savage mind*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1969), *The raw and the cooked*, traducción de J. y D. Weightman, Harper and Row, Nueva York.
- Lincei (1995), *Archeologia e astronomia: Esperienze prospettive future*, Atti dei Convegni Lincei, 121, Accademia Nazionale dei Lincei, Rome.
- Lincoln, J. S. (1942), "The Maya calendar of the Ixil of Guatemala", *CJW Contributions to American Anthropology and History*, pub. 528, vol. 7, núm. 38, Washington, D. C., pp. 97-128.

- Linden, J. (1986), "Glyph X of the Maya lunar series: An eighteen-month synodic calendar", *American Antiquity*, 51: 122-136.
- Lipp, F. (1991), *The Mixe of Oaxaca: Religion, ritual, and healing*, University of Texas Press, Austin.
- Littmann, M., K. Willcox, y F. Espenak (1999), *Totality: Eclipses of the sun*, 2ª ed., Oxford University Press, Oxford.
- Liu B., y A. Fiala (1992), *Canon of lunar eclipses, 1500 B.C.-A.D. 3000*, Willmann-Bell, Richmond.
- Lockyer, J. N. (1894), *The dawn of astronomy*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Long, R. C. E. (1944), "The Venus calendar of the Aztec", *Carnegie Institution of Washington Notes on Middle American Archaeology and Ethnology*, 2 (46): 139-141.
- (1948), "Observation of the sun among the Ixil of Guatemala", *Carnegie Institution of Washington Notes on Middle American Archaeology and Ethnology*, 3(87): 214-218.
- López Austin, A. (1974), "The research methods of Fray Bernardino de Sahagún: The questionnaires", en M. Edmonson (comp.), *Sixteenth-Century Mexico: The work of Sahagún*, University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 111-150.
- López Austin, A., L. López Luján, y S. Sugiyama (1991), "The temple of Quetzalcoatl at Teotihuacan: Possible ideological significance", *Ancient Mesoamerica*, 2(1): 92-105.
- Lounsbury, F. (1974), "The inscription on the sarcophagus lid at Palenque", en M. G. Robertson (comp.), *Primera Mesa Redonda de Palenque, part II*, Robert Louis Stevenson School, Pebble Beach, Calif., pp. 5-20.
- (1978), "Maya numeration, computation and calendrical astronomy", *Dictionary of Scientific Biography* 15, suplemento 1, ed. C. C. Gillispie, Scribner's, Nueva York, pp. 759-818.
- (1982), "Astronomical knowledge and its uses at Bonampak", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in the New World*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 143-168.
- (1983), "The base of the Venus Table of the Dresden Codex and its significance for the calendar correlation", en *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native computations of time*, British Archaeological Reports International Series S174, Oxford, pp. 1-26.
- (1989), "A Palenque king and the planet Jupiter", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 246-260.
- (1992a), "A derivation of the Mayan-to-Julian calendar correlation from the Dresden Codex Venus chronology", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 184-206.

- Lounsbury, F. (1992b), "A solution for the number 1.5.5.0 of the Mayan Venus Table", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, pp. 207-215, Oxford, Nueva York.
- Love, B. (1994), *The Paris Codex: Handbook for a Maya priest*, University of Texas Press, Austin.
- (1995), "A Dresden Codex Mars Table?", *Latin American Antiquity*, 6: 350-361.
- Lumholtz, Carl (1900), "Symbolism of the Huichol Indians", *American Museum of Natural history*, 3: 1-228.
- MacDonald, J. (1998), *The Arctic sky: Inuit astronomy, star lore, and legend*, Royal Ontario Museum and Nunavut Research Institute, Toronto.
- MacGowan, K. (1945), "The orientation of Middle American sites", *American Antiquity*, 11: 118.
- MacKie, E. (1977), *Science and society in pre-historic Britain*, St. Martin's, Nueva York.
- MacLeod, B. (1988), "The crossing triplet: A reading for the Triad introductory glyph", ensayo presentado en Séptima Mesa Redonda de Palenque.
- MacPherson, H. (1987), "The Maya lunar season", *Antiquity*, 61: 440-449.
- Macri, M. (s. p. i.), "The Mesoamerican calendars of 20, 13, 9, and 7 days", en C. Esteban y J. A. Belmonte (comps.), *Astronomy and cultural diversity*, en prensa.
- Magaña, E. (1988), *Orión y la mujer Pléyades: Simbolismo astronómico de los indios kaliña de Surinam*, Foris, Dordrecht.
- Makemson, M. (1938), "Hawaiian astronomical concepts", *American Antiquity*, 40: 370-383.
- Malmström, V. (1978), "A reconsideration of the chronology of Mesoamerican calendrical systems", *Journal for the History of Astronomy*, 9: 105-116.
- (1997), *Cycles of the sun, mysteries of the moon*, University of Texas Press, Austin.
- Malville, J., F. Eddy, y C. Armbruster (1991), "Lunar standstills at Chimney Rock", *Archaeoastronomy*, núm. 16 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 22): S43-S50.
- Malville J., F. Wendorf, y A. Mazar (1998), "Megaliths and neolithic astronomy in southern Egypt", *Nature*, 392: 488-491.
- Mann, B. (2000), *Iroquoian Women: The Gantowisas*, Peter Lang, Nueva York.
- Manzanilla, L. (2000), "The construction of the Underworld in Central America", en D. Carrasco, L. Jones, y S. Sessions, *Mesoamerica's classical heritage: From Teotihuacan to the Aztecs*, pp. 87-116, University Press of Colorado, Niwot.
- Marcus, J. (1976), "Origins of Mesoamerican writing", *Annual Review of Anthropology*, 5: 35-68.

- Marcus, J. (1992), *Ancient Mesoamerican writing*, Princeton University Press, Princeton.
- Marquina, I. (1960), *El Templo Mayor de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- (1964), *Arquitectura prehispánica*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Marshack, A. (1974), "The Chamula calendar board: An internal and comparative analysis", en N. Hammond (comp.), *Mesoamerican archaeology: New Approaches*, University of Texas Press, Austin, pp. 255-270.
- Mason, G. (1927), *Silver cities of Yucatan*, Putnam's, Nueva York.
- Matos, E. (1984), "The great temple of Tenochtitlan", *Scientific American*, 251: 80-89.
- Maudslay, A. P. (1889-1902), *Archaeology. Biología Centrali-Americana*, 5 vols., Porter, Londres.
- (1913), "A note on the position and extent of the Great Temple enclosure of Tenochtitlan, and the position, structure and orientation of the teocalli of Huitzilopochtli", *XVIII Acts of the International Congress of Americanists*, (parte 2), Londres (1912), pp. 173-175.
- Maúrtua, V. (1906) [cronista anónimo], "Discurso de la sucesión i gobierno de los Yngas", en *Juicio de límites entre el Perú y Bolivia, prueba peruana*, V. Maúrtua (comp.), 8: 149-165, Chunchos, Madrid.
- Mayer, D. (1977), "An examination of Miller's hypothesis", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 179-202, University of Texas Press, Austin.
- McCleary, T. (1997), *The stars we know: Crow Indian astronomy and lifeways*, Waveland, Prospect Heights, Ill.
- McCluskey, S. (1977), "The astronomy of the Hopi Indians", *Journal for the History of Astronomy*, 8: 174-195.
- (1990), "Calendars and symbolism: Functions of observation in Hopi astronomy", *Archaeoastronomy*, núm. 15 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 21): FS1-S16.
- (1998), *Astronomies and cultures in early medieval Europe*, Cambridge University Press, Cambridge.
- McGee, R. J., y F. K. Reilly III (1997), "Ancient Maya astronomy and cosmology in Lacandon Maya life", *Journal of Latin American Lore*, 20(1): 125-142.
- Meeus, J. (1957), "The transits of Venus", *Journal of the British Astronomical Association*, 68: 98-108.
- (1982), *Astronomical formulae for calculators*, Willmann-Bell, Richmond.
- (1997), *Mathematical astronomy morsels*, Willmann-Bell, Richmond.
- Meeus, J., C. Grosjean, y W. Vanderleen (1966), *Canon of solar eclipses*, Pergamon, Oxford.

- Meeus, J., y H. Mucke (1979), *Canon of lunar eclipses, -2002 to +2526*, Astronomisches Büro, Viena.
- Meltzer, D. (1993), *Search for the first Americans*, St. Remy, Montreal, Smithsonian Institution, Washington, D. C.
- Merrill, R. H. (1945), "Maya sun calendar dictum disproved", *American Antiquity*, 10: 307-311.
- Milbrath, S. (1988), "Astronomical images and orientations in the architecture of Chichén Itzá", en A. F. Aveni (comp.), *New direction in American archaeoastronomy* (actas del 46th International Congress of Americanists, Amsterdam), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 57-80.
- (1989), "A seasonal calendar with Venus periods in Codex Borgia", en D. Carrasco (comp.), *The imagination of matter*, pp. 103-128, British Archaeological Reports International Series 515, Oxford.
- (1995), "Eclipse imagery in Mexican sculptures of Central Mexico", *Vistas in Astronomy*, 39: 479-502.
- (1999), *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*, University of Texas Press, Austin.
- Miller, M. E. (1986), *The Art of Mesoamerica, from Olmec to Aztec*, Thames & Hudson, Londres.
- Miller, V. (1989), "Star warriors at Chichén Itzá", en W. Hanks y D. Rice, *World and image in Maya culture*, University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 287-305.
- Miller, W. C. (1995a), "Did American Indians see the 'Guest Star'?" *Astronomical Society of the Pacific*, hoja 314, San Francisco.
- (1955b), "Two possible astronomical pictographs found in northern Arizona", *Planteau*, 27 (4): 7-13.
- (1955c), "Two prehistoric drawings of possible astronomical significance", *Astronomical Society of the Pacific*, hoja 314, San Francisco.
- Millon, R. (comp.) (1973), *Urbanization at Teotihuacan, Mexico*, vol. 1, *The Teotihuacan map*, de R. Millon, R. B. Drewitt, y G. L. Cowgill, 2 vols., University of Texas Press, Austin.
- (1992), "Teotihuacan studies: From 1950 to 1990 and beyond", en J. C. Berlo (comp.), *Art ideology and the city of Teotihuacan*, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D. C., pp. 339-429.
- Minnaert, M. (1954), *The nature of light and colour in the open air*, Dover, Nueva York.
- Montenbruck, O. (1989), *Practical ephemeris calculations*, Springer-Verlag, Nueva York.
- Montenbruck, O., y T. Pfleger (1991), *Astronomy on the personal computer*, Springer-Verlag, Nueva York.

- Morante, R. (1993), "Evidencias del conocimiento astronómico en Xochicalco, Morelos", tesis, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Morley, S. G. (1915), "An introduction to the study of the Maya hieroglyphs", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 57. (Reimpreso en 1975 por Dover Publications, Nueva York.)
- (1920), *The inscriptions of Copan*, Carnegie Institution of Washington Publication 219.
- "The Copan expedition", *Carnegie Institution of Washington Yearbook*, 25: 277-286.
- (1938), *The inscriptions of Petén*, 5 vols., Carnegie Institution of Washington, Washington, D. C.
- (1961), *The ancient Maya*, revisado por G. Brainerd, Stanford University Press, Stanford. (Véase Sharer, R. [1983], para la edición revisada.)
- Morley, S. G., y G. Brainerd (1983), *The ancient Maya*, revisado por R. Sharer, Stanford University Press, Stanford.
- Motolinía, T. (1903), *Memoriales de fray Toribio Motolinía*, manuscrito de la Colección del Sr. D. J. G. Icazbalceta, México.
- [1903] (1971), *Memoriales, o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella*, editado por E. O'Gorman, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México.
- Muir, J. (1926), *Data on the structure of pre-Columbian Huastec mounds in the Tampico region, Mexico*, Royal Anthropological Institute, Londres.
- Nassau, J. J. (1948), *Practical astronomy*, McGraw-Hill, Nueva York.
- Nelson, J., L. Harwitz, y D. Knapp (1962), *Magnetism of the earth*, U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, 40-41, Washington, D. C.
- Neuenschwander, H. (1978), "Vestiges of early Maya time concepts in a contemporary Maya (Cubulco Achi) community: Implications for epigraphy", *Estudios de Cultura Maya*, 13: 125-163.
- Neugebauer, O. (1975), *A history of ancient mathematical astronomy*, 3 partes Springer-Verlag, Nueva York.
- Neugebauer, P. (1912), *Tafeln zur astronomischen Chronologie*, J. C. Hinrichs'sche, Leipzig.
- Newton, R. (1974), "Introduction to some basic astronomical concepts", en *Symposium on the place of astronomy in the ancient world. Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 276A: 50-20.
- Nicholson, H. B. (1971), "Religion in pre-Hispanic Central Mexico", en R. Wauchoppe (comp.), *Handbook of Middle American Indians*, vol. 10, *Archaeology of Northern Mesoamerica*, G. Ekholm, e I. Bernal (comps.), University of Texas Press, Austin, pp. 395-447.

- Nilsson, M. P. (1920), *Primitive time-reckoning: A study in the origins and first development of the art of counting time among the primitive and early culture peoples*, traducción de F. J. Fielden, C. W. K. Gleerup, Lund.
- Nuttall, Z. (1901), *The fundamental principles of old and new world civilizations*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers, 2: 1-602, Cambridge, Mass.
- (1904), "The periodical adjustments of the ancient Mexican calendar", *American Anthropologist*, 6: 486-500.
- (1906), "The astronomical methods of the ancient Mexicans", en B. Laufer (comp.), *Boas anniversary volume* (anthropological papers written in honor of Franz Boas), G. E. Stechert and Co., Nueva York, pp. 290-298.
- (1928), *La observación del paso del sol por el zenit por los antiguos habitantes de la América tropical*, Publicaciones de la Secretaría de Educación Pública, 17 (20), Talleres Gráficos de la Nación, México.
- (1930), "The round temples of Mexico and Yucatan", *Art and Archaeology*, 30 (6): 229-233.
- (comp.) (1975), *Codex Nuttall: A picture manuscript from ancient Mexico*, reimpresso, Dover, Nueva York.
- O'Brien, P., y H. Christiansen (1986), "An ancient Maya measurement system", *American Antiquity*, 51: 136-151.
- Observer's Handbook*, Royal Astronomical Society of Canada, Toronto. [Publicación anual.]
- Oppolzer, T. von [1887] (1962), *Canon Finsternisse*, Dover, Nueva York.
- Orlove, B., J. Chiang, y M. Cane (2000), "Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility", *Nature*, 403: 68-71.
- Ovenden, M., y D. Rodger (1981), "Megaliths and medicine wheels", en M. Wilson (comp.), actas del 11th Chacmol Conference, University of Calgary, pp. 371-386, Archaeological Association of the University of Calgary, Calgary.
- Palacios, E. J. (1934), "La orientación de la Pirámide de Tenayuca y el principio del año y del siglo indígenas", *Acts of the 25th International Congress of Americanists* (La Plata, 1932), pp. 125-148.
- Pannekoek, A. (1969), *A history of astronomy*, G. Allen, Londres.
- Parsons, E. C. (1932), Isleta, New Mexico, *Bureau of American Ethnology. 47th Annual Report, 1929-1930*, pp. 193-466.
- (comp.) (1936), *Hopi journal of Alexander M. Stephen*, 2 vols., Columbia University Contribution to Anthropology, 23, Nueva York.
- Pasztor, E. (1997), *Teotihuacan: An experiment in living*, University of Oklahoma Press, Norman.

- Paxton, M. (1992), "The books of Chilam Balam: Astronomical content and the Paris Codex", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 216-246.
- Peeler, D., y M. Winter (1995), "Building J at Monte Albán: A correction and reassessment of the astronomical hypothesis", *Latin American Antiquity*, 6: 362-369.
- Peet, S. D. (1894a), "Solstitial orientation", *American Antiquarian*, 16: 250-252.
- (1894b), "The zodiac and orientation in America", *American Antiquarian*, 16: 245-249.
- Pérez, J. P. (1864), "Cronología antigua de Yucatán y examen del método con que los indios contaban el tiempo: Sacada de varios documentos antiguos", en *Collection de documents dans les langues indigènes pour servir à l'étude de l'histoire de la philologie de l'Amérique ancienne*, de C. E. Brasseur de Bourbourg, París, pp. 366-429.
- Pollock, H. E. D. (1936), *Round structures of aboriginal Middle America*, Carnegie Institution of Washington Publications, 471.
- (1980), *The Puuc*, Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, vol. 19.
- Poma de Ayala, véase Guamán Poma de Ayala, Felipe.
- Proskouriakoff, T. (1960), "Historical implications of a pattern of dates at Piedras Negras, Guatemala", *American Antiquity*, 25: 454-475.
- Proverbio, E. (1989), *Archeoastronomia: Alla ricerca delle radici dell'astronomia preistorica*, Nicola Teti, Milán.
- Ptolemy (Claudius Ptolemaios) (1898), *Syntaxis mathematica*, vol. 1, ed. J. L. Heiberg, Teubner, Leipzig.
- Purrington, R. (1988), "Heliacal rising and setting: Quantitative aspects", *Archaeoastronomy*, núm. 12 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 19): S572-S585.
- Purrington, R., y C. Child Jr. (1989), "Poverty Point revisited", *Archaeoastronomy*, núm. 13 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 20): S49-S60.
- Quiñones Keber, E. (1996), *Codex Telleriano-Remensis: Ritual, divination, and art in a pictorial Aztec manuscript*, University of Texas Press, Austin.
- Rathje, W. (1973), "Trade models and archaeological problems: The classic Maya and their E-group complex", *Acts of the International Congress of Americanists* 40 (4): 223-235.
- Redfield, R., y A. Villa Rojas (1962), *Chan Kom: A Maya village*, University of Chicago Press, Chicago.
- Reiche, M. (1969), *Mystery on the desert*, publicación privada, Lima.
- Reichel Dolmatoff, G. (1971), *Amazonian cosmos*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1982), "Astronomical models of social behavior among some Indians of

- Colombia", en A. F. Aveni y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences* 385, pp. 165-182.
- Remington, J. A. (1977), "Current astronomical practices among the Maya", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 75-88, University of Texas Press, Austin.
- Renshaw, S., y S. Ihara (1999), "Archaeoastronomy and astronomy in culture in Japan: Paving the way to interdisciplinary study", *Archaeoastronomy*, 14: 59-88.
- Reyman, J. (1975), "The nature and nurture of archaeoastronomical studies", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, pp. 205-215.
- (1976), "Astronomy, architecture, and adaptation at Pueblo Bonito", *Science*, 193: 957-962.
- (1977), "Solstice misalignment at Sun Temple: Correcting Fewkes", *The Kiva*, 42 (3-4): 281-284.
- Rickards, C. (1929), "The ruins of Tlaloc, state of Mexico", *Journal de la Société des Américanistes*, 21: 197-199.
- Ricketson, O. G., Jr. (1928), "Astronomical observatories in the Maya area", *Geographical Review*, 18: 215-225.
- Ricketson, O., Jr., y E. Ricketson (1932), *Uaxactun. Guatemala. Group E, 1926-1931*, Carnegie Institution of Washington Publications 477.
- Rivard, J. (1970), "A hierophany at Chichén Itzá", *Katunob*, 7 (3): 51-55.
- Robicsek, F. (1972), *Copan: Home of the Mayan gods*, The Museum of the American Indian, The Heye Foundation, Nueva York.
- Romain, W. (1996), "Hopewellian geometry: Forms at the interface of time and eternity", en P. Pacheco (comp.), *A view from the core: A synthesis of Ohio Hopewell archaeology*, Ohio Archaeological Council, Columbus, pp. 194-209.
- (2000), *Mysteries of the Hopewell: Astronomers, geometers, and magicians of the eastern woodlands*, University of Akron Press, Akron.
- Romano, G. (1992), *Archeoastronomia italiana*, CLEUP, Padua.
- Romano, G., y G. Traversari (comps.) (1991), *Colloquio Internazionale Archeologia e Astronomia (Venice)*, G. Bretschneider, Roma.
- Romanov, M. (1973), "Yucatec roads and the orientation of the Maya world", tesis doctoral, Department of Geography, University of Oregon, Eugene.
- Rowe, J. (1979), "Archaeoastronomy in Mesoamerican and Peru", *Latin American Research Review*, 14: 227-233.
- Roys, L. (1937), "Maya planetary observations", *Carnegie Institution of Washington Contributions to American Archaeology*, publication 456, vol. 3, contr. 14, pp. 92-96.

- Roys, R. L. (1967), *The Book of Chilam Balam of Chumayel*, 2ª ed., University of Oklahoma Press, Norman.
- Ruggles, C. L. N., (comp.), (1988), *Records in stone: Papers in Memory of Alexander Thom*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1992a), "Archaeoastronomy and archaeology", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 6: 1, 4.
- (1992b), "Introduction: Archaeoastronomy — the way ahead", *Archaeoastronomy and Ethnoastronomy News*, núm. 6: 1-12.
- (1993), *Archaeoastronomy in the 1990's*, Loughborough Group D.
- (1999), *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven, Conn.
- Ruggles, C. L. N., y N. Saunders (1993), "The study of cultural astronomy", en C. L. N. Ruggles y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and cultures*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 1-31.
- Ruppert, K. (1935), *The Caracol at Chichén Itzá, Yucatán, Mexico*, Carnegie Institution of Washington Publications, 454.
- (1940), "A special assemblage of Maya structures", en C. Hay, R. Linton, S. Lothrop, H. Shapiro, y G. Vaillant (comps.), *The Maya and their neighbors*, D. Appleton-Century Co., Nueva York, pp. 222-231.
- Sabloff, J. (1989), *The cities of ancient Mexico: Reconstructing a lost world*, Thames and Hudson, Londres.
- Sahagún, B. (1950), *Primeros memoriales*, véase Schulze-Jena, L., 1950.
- (1953), *Florentine Codex: General history of the things of New Spain. Book 7: The sun, moon, and stars, and the binding of the years*, traducción del náhuatl con notas e ilustraciones, de A. J. O. Anderson, y C. E. Dibble, Archaeological Institute of America Monograph 14, part 8, book 7, School of American Research, Santa Fe, University of Utah Press, Ogden.
- (1957), *Florentine Codex: General history of the things of New Spain. Books 4 and 5: The soothsayers and the omens*, traducción de C. E. Dibble y A. J. O. Anderson, Archaeological Institute of America Monograph 14, parts 5 and 6, Anderson School of American Research, Santa Fe, University of Utah Press, Ogden.
- (1981), *Florentine Codex: General history of the things of New Spain. Book 2: The Ceremonies*, traducción de C. E. Dibble y A. J. O. Anderson, Archaeological Institute of America Monograph 14, part 3, Anderson School of American Research, Santa Fe, University of Utah Press, Ogden.
- Sanders, W., y D. Webster (1988), "The Mesoamerican urban tradition", *American Anthropology*, 90: 521-546.
- Santa Cruz Pachacuti Yamqui, Joan de (1951), *Relación de antigüedades deste reyno*

- del Pirú* (1613), colección de libros y documentos referentes a la historia del Perú 9, Lima.
- Sarmiento de Gamboa, P. (1942), *Historia de los incas* (1572), Biblioteca Emecé, Buenos Aires.
- Sartor, M. (1974), "Algunas hipótesis acerca de la orientación en el urbanismo precolombino, *Centro de Investigaciones Históricas y Estéticas, Boletín* 19 (Caracas): 29-42.
- Satterthwaite, L., Jr. (1947), *Concepts and structures of Maya calendrical arithmetics*, Joint Publications of the University of Pennsylvania Museum and the Philadelphia Anthropological Society, 3, Filadelfia.
- (1951), "Moon ages in the Maya inscriptions: The problem of their seven-day range of deviation from calculated mean ages", en S. Tax (comp.), *The Civilizations of ancient America* (ensayos selectos del 29th International Congress of Americanists), University of Chicago Press, Chicago, pp. 142-154.
- (1965), "Calendrics of the Maya lowlands", en R. Wauchope (comp.), *Handbook of Middle American Indians*, ed., vol. 3, *Archaeology of southern Mesoamerica*, G. R. Willey (comp.), University of Texas Press, Austin, pp. 603-631.
- Schaefer, B. (1985), "Predicting heliacal risings and settings", *Sky and Telescope*, 70 (3): 261-263.
- (1986), "Atmospheric extinction effects on stellar alignments", *Archaeoastronomy*, núm. 10 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 17): S32-S42.
- (1987a), "Extinction angles and megaliths", *Sky and Telescope*, 73 (4): 426-427.
- (1987b), "Heliacal rise phenomena", *Archaeoastronomy*, núm. 11 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 18): S19-S34.
- (1989), "Refraction by earth's atmosphere", *Sky and Telescope*, 77 (3): 311-313.
- (1992), "The length of the lunar month", *Archaeoastronomy*, núm. 17 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 23): S32-S42.
- (1993), "Astronomy and the limits of vision", *Vistas in Astronomy*, 36:311-361.
- Schele, L. (1977), "Palenque: The house of the dying sun", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 42-56, University of Texas Press, Austin.
- (1982), *Maya glyphs: The verbs*, University of Texas Press, Austin.
- Schele, L., y D. Freidel (1990), *A forest of kings: The untold story of the ancient Maya*, William Morrow, Nueva York.
- Schele, L., y N. Grube (1997), *Notebook for the xxist Maya Hieroglyphic Workshop, March 8-9, 1997*, University of Texas, Department of Art and Art History, College of Fine Arts y el Institute of Latin American Studies, Austin.
- Schele, L., y P. Matthews (1998), *The code of kings: The language of seven sacred Maya temples and tombs*, Scribner's, Nueva York.

- Schele, L., y M. Miller (1986), *The blood of kings*, Kimbell Museum, Fort Worth.
- Schlosser, W., y J. Cierny (1996), *Sterne and Steine: Eine praktische Astronomie der Vorzeit*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Schove, D., y A. Fletcher (1987), *Chronology of eclipses and comets, A.D. 1-1000*, Boydell, Suffolk.
- Schultze-Jena, L. (1950), *Wahrsagerei Himmelskunde und Kalender der alten Azteken: Quellewerke zur alten Geschichte Amerikas 4*, Stuttgart/Berlín.
- Séjourné, L. (1976) *Burning water: Thought and religion in ancient Mexico*, Shambhala, Berkeley.
- Seler, E. (1901-1902), *Codex Fejérváry-Mayer: An old Mexican picture manuscript in the Liverpool Free Public Museum, 12014/M, published at the expense of His Excellency the duke of Loubat*, Berlín y Londres.
- (1904a), "The Mexican Chronology, with special reference to the Zapotec calendar", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 11-55.
- (1904b), "The significance of the Maya calendar for historic chronology", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 325-338.
- (1904c), "Venus period in the picture writings of the Borgian Codex group", *Bureau of American Ethnology Bulletin*, 28: 355-391.
- (1917), "Die Ruinen von Uxmal", *Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin III*, pp. 710-7171. Véase también Comparato (1990), vol. iv, pp. 346-350.
- Sharer, R. (comp.) (1983), *The ancient Maya*, Stanford University Press, Stanford, Calif. [Reimpreso en 1994].
- Sharp, R. (1978), "Architecture as inter elite communication in pre-conquest Oaxaca, Veracruz, Yucatan", en E. Pasztory (comp.), *Middle Classic Mesoamerica: A.D. 400-700*, Columbia University Press, Nueva York, pp. 158-171.
- Siemens, A. (1979), "Pre-hispanic use of wetlands in the tropical lowlands of Mesoamerica", ensayo leído en el XLIII International Congress of Americanists, Vancouver, agosto.
- (1983), "Oriented raised fields in central Veracruz", *American Antiquity*, 48: 85-102.
- Smiley, C. H. (1973), "The thix and the fox: Mayan solar eclipse intervals", *Journal of the Royal Astronomical Society, Canada* 67, (4): 175-182.
- (1975), "The solar eclipse warning table in the Dresden Codex", en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 247-256.
- Smith, A. L. (1950), *Uaxactun, Guatemala: Excavations of 1931-1937*, Carnegie Institution Publication 588, Washington, D. C.

- Smith, M. E. (1973a), *Picture writing from ancient southern Mexico*, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1973b), "The relationship between Mixtec manuscript painting and the Mixtec language", en E. P. Benson (comp.), *Mesoamerican writing systems*, Dumbarton Oaks, Research Library and Collections, Washington, D. C., pp. 47-98.
- Sofaer, A., R. Sinclair, y L. Doggett (1982), "Lunar markings on Fajada Butte, Chaco Canyon, N. M. en A. F. Aveni (comp.), *Archaeoastronomy in the New World*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 169-181.
- Sofaer, A., V. Zinser, y R. Sinclair (1979), "A unique solar marking construct", *Science*, 106: 283-291.
- Somerville, B. (1927), "Orientation", *Antiquity*, 1: 31-41.
- Soruco, E. (1991), "Una cueva ceremonial en Teotihuacan y sus implicaciones astronómicas religiosas", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (comps.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, UNAM, México, pp. 291-296.
- Sosa, J. (1989), "Cosmological, symbolic and cultural complexity among the contemporary Maya of Yucatán", en A. F. Aveni (comp.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 130-142.
- Spinden, H. J. (1913), *A study of Maya art: Its subject matter and historical development*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Memoirs 6, Cambridge, Mass. [Reimpreso en 1975 por Dover Publications, Nueva York.]
- (1916), "The question of the zodiac in America", *American Anthropologist*, 18 (1): 53-80.
- (1924), *The reduction of Mayan dates*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers 6 (4), Cambridge, Mass.
- (1930), *Maya dates and what they reveal*, Brooklyn Institution of Arts and Sciences, Science Bulletin 4 (1).
- Sprajc, I. (1990), "El Satunsat de Oxkintok: ¿Observatorio astronómico?", *Oxkintok* 3 (Misión Arqueológica de España en México, Madrid): 87-97, 185-189.
- (1993a), "The Venus-rain-maize complex in the Mesoamerican world view: Part I", *Journal for the History of Astronomy*, 24: 17-70.
- (1993b), "The Venus-rain-maize complex in the Mesoamerican world view: Part II", *Archaeoastronomy*, núm. 18 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 24): S27-S53.
- (2000a), "Astronomical alignments of the Templo Mayor of Tenochtitlan, Mexico", *Archaeoastronomy*, núm. 25 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy* 31): S11-S40.
- (2000b), "Archaeological alignments at Teotihuacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 11 (4): 403-415.

- Sprajc, I. (s. p. i. a), "La astronomía en Mesoamérica", en *Historia antigua de México*, vol. 4. UNAM, México, en prensa.
- (s. p. i. b), "Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México, INAH, México, en prensa.
- Stahlman, W., y O. Gingerich (1963), *Solar and planetary longitudes for years -2500 to +2000 by ten-day intervals*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Stephens, J. L. (1841), *Incidents of travel in Central America Chiapas and Yucatan*, 2 vols., Harper, Nueva York. [Reimpreso en 1961 por Dover Publications, Nueva York.]
- (1843), *Incidents of travel in Yucatan*, 2 vols., Harper, Nueva York. [Reimpreso en 1961 por Dover Publications, Nueva York.]
- Stephenson, F. R. (1976), "Revised catalog of pre-telescopic galactic novae and supernovae", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 17: 121-138.
- Stuart, G. (1997), "The royal crypts of Copan", *National Geographic* (diciembre): 68-93.
- Sugiyama, S. (1993), "Worldview materialized in Teotihuacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 4: 103-129.
- Tear-Haynes, D. (s. p. i), "The lunar series at Copan", no publicado.
- Tedlock, B. (1982), *Time and the highland Maya*, ed. rev., 1992, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- (1983), "Quichean time philosophy", en A. F. Aveni y B. Brotherton (comps.), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American computations of time*, pp. 59-72, British Archaeological Reports International Series 179, Oxford.
- (1985), "Hawks, meteorology and astronomy in Quiché-Maya agriculture", *Archaeoastronomy* (Bulletin of the Center for Archaeoastronomy, College Park, Md.), 8: 80-88.
- (1992), "The road of light: Theory and practice of Maya skywatching", en A. F. Aveni (comp.), *The sky in Mayan literature*, Oxford University Press, Oxford, pp. 18-42.
- (1999), "Maya astronomy: What we know and how we know it", *Archaeoastronomy: Journal of Archaeoastronomy in Culture*, 24 (1): 39-58.
- Tedlock, D. (trad.) (1985), *Popol vuh: The Mayan book of the dawn of life*, ed. rev., 1996, Simon & Schuster, Nueva York.
- Teeple, J. E. (1930), *Maya astronomy*, Carnegie Institution of Washington Publications 405, contr. 2.
- Tena, R. (1987), *El calendario mexica y la cronografía*, INAH, México. (Serie Historia.)
- Tezozómoc, F. Alvarado (1975), *Crónica mexicana*, Porrúa, México.
- Thom, A. (1967), *Megalithic sites in Britain*, Clarendon Press, Oxford.
- (1971), *Megalithic lunar observatories*, Clarendon Press, Oxford.
- (1979), *Megalithic remains in Britain and Brittany*, Oxford University Press, Oxford.

- Thompson, J. E. S. [sir Eric] (1927), "A correlation of the Mayan and European calendars", *Field Museum of Natural History Publication* 241, Anthropology Series, 27 (1): 3-22.
- (1935), "Maya chronology: The correlation question", *Carnegie Institute of Washington Publication*, 456 (Contr. 14): 41-104.
- (1945), "A survey of the northern Maya area", *American Antiquity*, 11: 2-241.
- (1950), *Maya hieroglyphic writing: An introduction*, Carnegie Institution of Washington Publication 589. [Reimpreso en 1960.]
- (1954), *The rise and fall of Maya civilization*, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1962), *A catalog of Maya hieroglyphs*, University of Oklahoma Press, Norman.
- (1972a), *Maya hieroglyphs without tears*, British Museum, Londres.
- (1972b), *A commentary on the Dresden Codex, a Maya hieroglyphic book*, American Philosophical Society Memoirs 93, Filadelfia.
- (1974), "Maya astronomy", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A276: 83-98.
- (1975), "The Grolier Codex", en J. Graham (comp.), *Studies in ancient Mesoamerica*, pp. 1-9, University of California, Archaeological Research Facility, Berkeley.
- Ticky, F. (1974), "Deutung von Orts-und Flurnetzen im Hochland von Mexico als Kult-religiöse Reliktforment Altindianischer Besiedlung", *Erdkunde* (Bonn) 28 (3): 194-207.
- (1976), *Orientación de las pirámides e iglesias en el altiplano mexicano*, Proyecto Puebla Tlaxcala, Suplemento Comunicaciones, Suplemento 4, Fundación Alemana para la Investigación Científica, Puebla, Méx.
- (1981), "Order and relationships of space and time in Mesoamerica: Myth or reality?", en E. Benson (comp.), *Mesoamerican sites and world-views*, Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Washington, D. C., pp. 217-245.
- (comp.) (1982), *Symposium on space and time in the cosmovision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, W. Fink, Munich.
- Tobriner, S. (1972), "The fertile mountain: An investigation of Cerro Gordo's importance to the town plan and iconography of Teotihuacan", en *Teotihuacan, Onceava Mesa Redonda*, Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- Torquemada, F. J. de (1969), *Monarquía indiana*, Porrúa, 3, México.
- Townsend, R. (1979), *State and cosmos in the art of Tenochtitlan*, Studies in Pre-Columbian Art and Archaeology 20, Dumbarton Oaks, Washington, D. C.
- (1991), "The Mt. Tlaloc project", en D. Carrasco (comp.), *To change place: Aztec ceremonial landscapes*, University Press of Colorado, Niwot, pp. 26-30.

- Trik, A. S. (1939), "Temple XXII at Copan", *Carnegie Institution of Washington Contributions to American Anthropology and History*, pub. 509, contr. 27, pp. 81-103.
- Tuckerman, B. (1962), *Planetary, lunar and solar positions, 601 B.C. to A.D. 1, at five-day and ten-day intervals*, American Philosophical Society Memoirs 56, Filadelfia.
- (1964), *Planetary, lunar, and solar positions A.D. 2 to A.D. 1649, at five-day and ten-day intervals*, American Philosophical Society Memoirs 59, Filadelfia.
- Umberger, E. (1981), "The structure of Aztec history", *Archaeoastronomy* (Bulletin of Center for Archaeoastronomy, College Park, Md.) 4 (4): 10-18.
- Urton, G. (1987a), "Orientation in Quechua and Incaic astronomy", *Ethnology*, 17: 157-167.
- (1978b), "Beasts and geometry: Some constellations of the Peruvian Quechuas", *Anthropos*, 73: 32-40.
- (1979), "Quechua astronomy and calendar", tesis doctoral, Department of Anthropology, University of Illinois, Urbana.
- (1981a), *At the crossroads of the earth and the sky: An Andean cosmology*, University of Texas Press, Austin.
- (1981b), "The uses native cosmologies in archaeoastronomical studies: The view from South America", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, pp. 285-304, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md.
- (1997), *The social life of numbers: A Quechua ontology of numbers and philosophy of arithmetic*, University of Texas Press, Austin.
- U. S. Geological Survey (1990), *The magnetic field of the earth*, Denver.
- Vail, G. (1997), "The deer trapping almanacs in the Madrid Codex", en V. Bricker y G. Vail (comps.), *Papers on the Madrid Codex*, pp. 73-110, Middle American Research Institute Publication 64.
- Villacorta, J., y C. Villacorta (1977), *Códices mayas*, reproducidos y desarrollados, Guatemala.
- Vogt, D. (1993), "Medicine wheel astronomy", en C. L. N. Ruggles y N. J. Saunders (comps.), *Astronomies and Cultures*, pp. 163-201, University Press of Colorado Niwot.
- Vogt, E. Z. (1964), "Ancient Maya and contemporary Tzotzil cosmology: A comment on some methodological problems", *American Antiquity*, 30: 192-195.
- (1976), *Tortillas for the gods: A symbolic analysis of Zinacanteco rituals*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- (1985), "Cardinal directions and ceremonial circuits in Mayan and southwestern cosmology", *National Geographic Society Research Reports*, 21: 487-496.
- (1997), "Zinacanteco astronomy", *Mexicon*, 19 (6): 110-116.

- Voyager Interactive Desktop Planetarium, Carina Software, San Leandro.
- Wallrath, M., y A. Rangel (1991), "Xihuingo (Tepeapulco): Un centro de observación astronómica", en J. Broda, S. Iwaniszewski y L. Maupomé, *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, UNAM, México, pp. 297-308.
- Weaver, M. P. (1993), *The Aztecs, Maya, and their predecessors*, 3ª ed., Academic, Nueva York.
- Wedel, W. R. (1967), "The council circles of central Kansas: Were they solstice registers?", *American Antiquity*, 32: 54-63.
- (1977), "Native astronomy and the Plains Caddoans", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 131-146.
- Wheatley, P. (1971), *The pivot of the four quarters*, Aldine, Chicago.
- Wicke, C., y F. Horcasitas (1957), "Archaeological Investigations on Monte Tlaloc", *Mesoamerican Notes*, 5: 83-96, México.
- Wilbert, J. (1973), "Eschatology in a participatory universe: Destinies of the soul among the Warao Indians of Venezuela", en E. P. Benson (comp.), *Death and the afterlife in pre-Columbian America*, Dumbarton Oaks, Research Library and Collections, Washington, D. C., pp. 163-189.
- (1981), "Warao cosmology and Yekuana round house symbolism", *Journal of Latin American Lore*, 7 (1): 37-72.
- Wiley, G. (1977), "Summary review", en W. Ashmore (comp.), *Lowland Maya settlement patterns*, University of New Mexico Press.
- Williamson, R. (comp.) (1981), *Archeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archeoastronomy, College Park, Md.
- (1984), *Living the sky: The cosmos of the American Indian*, Houghton Mifflin, Boston.
- Williamson, R., y C. Farrer (comps.) (1992), *Earth and sky: Visions of the cosmos in Native American folklore*, University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Williamson, R., H. Fisher, y D. O'Flynn (1977), "Anasazi solar observatories", en A. F. Aveni (comp.), *Native American Astronomy*, University of Texas Press, Austin, pp. 203-218.
- Williamson, R., H. Fisher, A. Williamson, y C. Cochran (1975), "The astronomical record in Chaco Canyon, New Mexico", en A. F. Aveni (comp.), *Archeoastronomy in Pre-Columbian America*, University of Texas Press, Austin, pp. 33-43.
- Willson, R. W. (1924), *Astronomical notes on the Maya codices*, Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology Papers, 6 (3).
- Wilson, K., L. Road, y K. Hardy (comps.), 1981, *Megaliths to medicine wheels: Boulder structures in archaeology*, Archaeological Association of the University of Calgary, Calgary.

- Wilson, P. (1988), *The domestication of the human species*, Yale University Press, New Haven.
- Winkler, L. (1972), "Astronomically determined dates and alignments" *American Journal of Physics*, 40: 126-132.
- Winning, H. von (1985), *Two Maya monuments in Yucatan*, Southwest Museum, Los Angeles.
- Wisdom, C. (1940), *The Chorti Indians of Guatemala*, University of Chicago Publications in Anthropology, Ethnological Series.
- Wittry, W. L. (1964), "An American Woodhenge", *Cranbrook Institute of Science News Letter* (Bloomfield Hills, Mich.) 33 (9): 102-107.
- Wolfman, D. (1973), "A re-evaluation of Mesoamerican chronology, AD 1-1200", tesis doctoral, University of Colorado, Boulder.
- Woolard, E., y G. Clemence (1966), *Spherical astronomy*, Academic Press, Nueva York.
- Worthy, M., y R. Dickens Jr. (1983), "The Mesoamerican pecked cross as a calendrical device", *American Antiquity*, 48: 573-576.
- Young, M. Jane (1989), "The southwest connection: Similarities between western Puebloan and Mesoamerican cosmology", en A. F. Aveni (comp.), *World archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 167-182.
- Yasugi, Y., y K. Saito (1991), "Glyph Y of the Supplementary Series", *Research Reports in Ancient Maya Writing*, núm. 34, Center for Maya Research, Washington, D. C.
- Zárate, M. R. (1986), "Tres piedras labradas en la región oaxaqueña", *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, Facultad de Arquitectura, UNAM, 7: 75-77, México.
- Zeilik, M. (1985a), "The ethnoastronomy of the historic Pueblos, I: Calendrical sun watching", *Archaeoastronomy*, núm. 8 (suplemento del *Journal for the History of Astronomy*, 16: S1-S24.
- (1985b), "The Fajada Batte solar marker: A reevaluation", *Science*, 228: 1311-1313.
- (1986), "The ethnoastronomy of the historic Pueblos, II: Moonwatching", *Archaeoastronomy*, núm. 10 (suplemento del *Journal for the History Astronomy* 17): S1-S22.
- (1988), "Astronomy and ritual: The rhythm of the sacred calendar in the U. S. southwest", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American archaeoastronomy*, British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 183-198.
- (1989), "Keeping the sacred and planting calendar: Archaeoastronomy in the Pueblo southwest", en A. F. Aveni (comp.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 143-166.
- Zimmermann, G. (1956), *Die Hieroglyphen der Maya Handschriften*, Universität Hamburg, Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandskunde 57, Hamburg.

- Ziolkowski, M., y R. Sadowski (comps.) (1989), *Time and calendars in the Inca empire*, British Archaeological Reports International Series, 479, Oxford.
- Zuidema, R. T. (1964), *The ceque system of Cuzco: The social organization of the capital of the Inca*, Brill, Leiden.
- (1977), "The Inca calendar", en A. F. Aveni (comp.), *Native American astronomy*, pp. 219-259, University of Texas press, Austin.
- (1981), "Inca observations of the solar and lunar passages through the zenith and antizenith at Cuzco", en R. Williamson (comp.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Ballena, Los Altos, Calif., Center for Archaeoastronomy, College Park, Md., pp. 319-342.
- (1982), "Catachillay: The role of the Pleiades and of the Southern Cross and Alpha and Beta Centauri in the calendar of the Incas", en A. F. Aveni y G. Urton (comps.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American Tropics*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 385, Nueva York, pp. 203-229.
- (1988), "The pillars of Cuzco: Which two dates of sunset did they define?", en A. F. Aveni (comp.), *New directions in American Archaeoastronomy* (actas del 46th International Congress of Americanists), British Archaeological Reports International Series 454, Oxford, pp. 143-169.
- Zuiderwijk, E. (1984), "Maya astronomy", *Physics Today*, noviembre, pp. 148-150.

ÍNDICE DE CUADROS

1. Cronologías del Viejo y Nuevo Mundos.....	30
2. El acimut de salida del Sol para un observador situado a 20° latitud N	93
N1. Conversión del desplazamiento lineal al de acimut angular	95
3. Fechas de paso del Sol por el cenit para observadores situados en diferentes latitudes.....	96
4. Eclipses de Sol y de Luna durante los años 1980-1989	110
5. Ciclos de eclipses	113
6. Periodos básicos (en días) para los planetas visibles a simple vista	125
7. Conmensurabilidades entre los periodos sideral y sinódico de los planetas ...	128
8. Oblicuidad de la eclíptica en distintas fechas del pasado	146
9a. Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N. Altura del horizonte: 0°	154
9b. Acimutes de orto y ocaso a 21° de latitud N. Altura del horizonte: 3°	156
10. Orto y ocaso heliacos para estrellas brillantes observadas a 21° de latitud N .	160
11. Declinaciones solares aproximadas en intervalos de cinco días durante el año trópico	165
12. Forma de datos típica para observaciones con teodolito	170
13. Valores aproximados de la ecuación de tiempo a intervalos de cinco días del año trópico	171
14. Días por número dado de unidades calendáricas mayas en la Cuenta Larga	191
15. Nombres de días y meses mayas con sus equivalentes en el Altiplano Central mexicano	196
16. Información contenida en el calendario de la página 1 del <i>Códice Fejérváry-Mayer</i>	207
N2. Comparación de edades de la Luna calculadas e inscritas para estelas de Copán	212
17. Intervalos (bloque VII) y totales (bloque VIII) de la tabla de eclipses del <i>Códice de Dresde</i>	242
18. Intervalos (en días) entre eclipses lunares visibles en Yucatán durante el periodo de 400-500 d.C.	244
19. Intervalos (en días) entre los eclipses lunares reales del siglo V expresados como una serie de intervalos de cinco y seis lunas	246
20. Esquema de la parte del calendario ritual (bloque IX) de la tabla de Venus contenida en el <i>Códice de Dresde</i>	258

21. Disposición del material de las páginas 43b-44b del <i>Códice de Dresde</i>	274
22. Disposición esquemática de los animales identificados en el <i>Códice de París</i> y en el dintel de la entrada oriental de Las Monjas, en Chichén Itzá	279
23. Dos interpretaciones diferentes comparando el Zodiaco maya y su equivalente occidental	282
24. Número de día juliano del día cero de cada siglo (500 a.C. a 1500 d.C.) ...	289
25. Fracción de un año que representa una fecha dada	290
26. Conversión de fecha gregoriana a juliana en un siglo dado: réstese X a la fecha gregoriana	293
27. Un modelo del centro a la periferia de la ciudad que incorpora la astronomía y el calendario	356

ÍNDICE ANALÍTICO*

- Aaboe, Asger: 302, 458
 Acanceh: 276n
 Achernar, estrella: 87, 88, 154-157, 160
 acimut, conversión del desplazamiento lineal al de, angular: 95n; definición del: 75, 137; fenómenos de orto y ocaso heliacos: 154-159; fórmula para: 166; observación de: 74-77, 79, 81, 92; salida-puesta del sol: 79n, 90-91, 93, 143-144, 159-163; trigonometría para: 79n
 Acosta, Juan de: 32
 Acrópolis (Copán): 342, 345, 347, 352
 África: 51, 435
 Ágora: 443
 agricultura: 31, 50-51, 55, 132, 197, 233, 236, 251n, 303, 313, 349, 350, 355, 385, 397, 413, 420-422, 425
 agua y lluvia: 306, 350, 355, 357, 385
 Ahau, principio: 210, 214, 223, 256, 259, 261-264, 271, 284-285, 286, 346
 Akasofu, S.-I.: 136
 Aldebarán, estrella: 86, 154-157, 160, 376, 381
 Alfa de Aries, estrella: 56
 Alfa de Centauro, estrella: 57-58, 88, 154-157, 160, 358, 421; véase también Centauro
 Alfa de la Cruz, estrella: 154-157, 160
 alineamientos, apoyo etnológico a los, con el horizonte: 396-398; axial: 317, 323, 334-335, 337-340; 338, en Chichén Itzá: 282, 374, 375-376, 377-378; en Cuzco: 417-419, 419; determinación de, con teodolito: 168-172, 172, 370, 381-382, 383n, 428; de montículos: 335-336, 409, 415; pawnee: 409-410; y planeación urbana general: 352-353; de Rueda de la Medicina: 408; en Rujm el-Hiri: 437-439; de los sitios circunmediterráneos: 441, 443; de sitios mayas: 334-335, 338, 340; de templos etruscos: 353, 442; en Teotihuacán: 314, 317; en Uaxactún: 391-396, 393; en Uxmal: 206, 385; 386, véase también orientaciones
 almanaques: 33, 137, 180, 233, 236, 253, 255n, 267, 269, 272, 274n, 281-283, 285, 287, 443
 "almanaques de incensario": 233
 Alta Vista: 316-317, 319, 397
 Altair, estrella: 85, 154-157, 160
 altitud, definición de: 74, 137; y posición del observador: 74-75, 76, 76-77, 79
 Amates, Los, cueva (Xochicalco): 361, 363
 Amazonas, valle del, tribus: 50
American Antiquity: 20
Anales de Cuauhtitlán: 255, 267
 anasazi, petroglifos: 413
Ancient Mesoamerica: 20
 Andrews, E. Wyllys, IV: 382n, 383n
 ángulos rectos: 310, 370-371n, 404
 Antares, estrella: 59, 85-86, 154-157, 160, 275
Antiquities of Mexico (Kingsborough): 178
 año común, véase haab
 año de eclipses: 109, 137
 año estacional, véase año trópico
 año, portadores del: 204n, 207
 año trópico: 51, 84, 106n, 111, 114n, 118, 121, 127, 129, 138, 179, 189, 199, 219-220, 224-227, 241n, 255n, 282-283n, 304, 335, 344
 Apolo, dios: 443
 Árbol del Mundo: 399
Archaeoastronomy, Supplement to the Journal for the History of Astronomy: 20
Archaeoastronomy, The Journal of Astronomy in Culture: 20
Archaeology (Biología Centralamericana) (Maudslley): 179
 árbol de la creación: 59-60
 Aries, constelación: 56, 86, 143, 153
 Aristóteles: 443
 Arizona, indios de: 51, 63, 64, 362
 Armenoi: 441
 arqueoastronomía, circunmediterránea: 23, 435-444; definición de: 15; desarrollos en: 19-21; estudios sobre: 19-20, 459; etnocentrismo y: 17, 20, 60-63, 116n, 224, 431, 433, 457-458; fórmulas para: 166-167; en Norteamérica: 81, 406-416, 434; y planeación y disposición de edificaciones: 303; resumen sobre: 457-460; véase también astroarqueología; Luna; planetas; Sol
 arqueoastronomía, mediterránea: 435-444
 arquitectura, ángulos rectos en: 310, 370-371n, 404; apoyo etnológico a los alineamientos con el horizonte: 396-398; y arqueoastronomía circunmediterránea: 435-444; Caracol en Chichén Itzá: 367-382, 369, 372, 375-377, 379; de las ciudades mayas: 334-357; en Copán: 342-352; Edificio J de

* Los folios en cursivas se refieren a las ilustraciones.

- Monte Albán: 357-367, 359-360; estructuras Grupo E: 391-396; hierofanías y: 301, 304, 398, 402, 406; motivos de orientación: 297-304; en Norteamérica: 406-416; Palacio del Gobernador (Uxmal): 383-390, 384-386, 389; petroglifos de cruz punteados: 444-450; y planeación urbana en el Altiplano de México: 15, 304-323; resumen sobre: 434-435; Ruim el-Hiri: 436-440, 437; en Sudamérica: 416-433; en Tenochtitlan: 323-333; en Teotihuacan: 305-323
- Artículo: 81, 82
- Arturo, estrella: 148, 154-157, 160
- ascensión recta: 78, 78, 138
- Ascher, Marcia: 418
- Ascher, Robert: 418
- Ashmore, Wendy: 341-342
- astroarqueología: 14, 303n; *véase también* arqueoastronomía
- astrología: 13, 16, 60, 237, 349n, 443n
- astronomía, antigua: 13-17, 22, 60-61, 70, 107, 114, 124, 127, 137, 141, 144; inca: 416-433, 417, 419, 423, 425; maya: 48, 67, 101, 104, 109, 111, 118, 120-121, 130, 134, 136, 179-180, 217, 219-220, 227, 232-293; posicional: 14, 16-18, 21, 60, 73, 81, 137, 303, 424; propósitos de la: 17, 37, 236, 281, 413; a simple vista: 18, 73-176; de "tiempo real": 22, 268, 272, 287; *véase también* arqueoastronomía
- astronomía andina: 69, 136, 424
- astrónomos, en el Códice Madrid: 33-34, 34; mayas: 16, 272, 283, 349, 395; símbolos de: 40; tareas de los amanuenses: 177-178
- Atadura de los Años, ceremonia: 52, 203
- Atenea, diosa: 443
- atoni, en Timor: 298
- aurora boreal: 48, 136
- Australia, pueblos aborígenes de: 51
- Aveni, Anthony F.: 14, 20, 37, 46, 48-49, 95, 120-121n, 124, 129, 134-135, 159, 164, 210, 229, 231, 236n, 247, 253n, 260n, 262n, 268, 275n, 287, 299, 303n, 306n, 312, 315, 316n-317n, 318, 323, 327-328, 330n, 332, 334-338, 339, 341, 349n-350, 361n, 365, 368, 372-373, 378, 382-383n, 385-388, 391, 393, 394, 413, 418, 420, 428, 430n-431n, 433-438, 442-443, 448
- aztecas, caída de los: 34; calendario de los: 52, 54-55, 58, 287; constelaciones de los: 49-62; y los eclipses: 46, 48, 247; nobleza: 37, 38; piedra calendario de los: 52, 54-55, 59; sistema de pictoescritura: 187; *véase también* Tenochtitlan; Teotihuacan
- babilonios: 48, 121n, 189, 215, 247n, 255n, 275, 302n, 434, 436, 439, 444, 459
- bacab*, portador del cielo: 181
- Baird, E.: 229, 306
- baktún: 189, 190, 191-193, 223, 288, 400
- Bali: 51
- bandas celestiales: 273
- Bar-Yosef, Ofer: 440
- Baudez, C.: 346n-347n
- Bauer, Brian: 418, 422, 429-430n, 431n
- Belice: 323, 390
- Benchley, Elizabeth: 415
- Benque Viejo: 392
- Berger, U.: 59
- Berlin, Heinrich: 180
- Beta de Centauro, estrella: 57-58, 88, 154-157, 160, 358, 421
- Beta de la Cruz, estrella: 154-157, 160
- Betanzos, Juan de: 424, 429
- Betelgeuze, estrella: 60, 85, 86, 154-157, 160, 420
- Big Horn, Rueda de la Medicina de: 15, 406, 407, 407, 408, 408
- Blom, Franz: 391
- Bonampak, palacio de: 277, 280
- Bowditch, Charles P.: 179, 204
- Brasil, pueblos de: 50, 58
- Brasseur de Bourbourg, C. E.: 178, 380
- Bricker, Harvey: 11, 116n, 120, 129, 233, 236, 245, 251n, 270n, 271-273, 274n-275n, 280, 282-283n, 352n, 388, 389, 420
- Bricker, Victoria: 11, 28n, 116n, 129, 179n, 181, 194n, 200n, 233, 236, 245, 251n, 267, 270n, 271-273, 274n-275n, 280, 282-283n, 287, 335, 352n, 388, 420
- Brinton, Daniel: 179
- Broda, J.: 55, 209n, 315, 333
- brújula magnética: 75n, 164, 374
- Burgoyne, David: 164n
- Byers, Douglas: 312n
- Caballito Blanco: 366, 368
- Cacaxtla: 45, 306
- caddo, indios: 409, 416
- cafres, indios: 51
- Cahal Pichik, sitio: 392, 394, 394
- Cahokia, complejo de montículos: 15, 411-412
- cakchiqueles, mayas: 67
- Calakmul, sitio: 392
- calculadoras: 210n
- calendario, azteca: 52, 54-55, 58-59, 287; cómo opera el: 209-214; correlaciones de: 18, 284-293; y la Cuenta Larga: 189-194, 209; funcionamiento del: 219-220; y el glifo de kin: 181; historia del: 177-180; inca: 51, 431; maya: 17, 21, 43, 67, 118, 120n-121, 189, 190, 197, 209, 261, 268, 296, 313, 335, 378; método ixil de fechado: 387; y observaciones: 281; reforma del: 396
- calendario de 260 días, en almanaques: 194, 233,

- 281, 287; correlación de, con el calendario de 365 días: 31, 66, 69, 189, 194, 200, 203; y el ciclo de 584 días: 257, 262; y eclipses lunares: 248, 263n; y katún: 396; y Mayapán: 381; Motolinía sobre: 199, 253n; origen del: 313; y el paso del sol por el cenit: 63, 65, 67-68; y petroglifos de cruz punteados: 446, 448; y la rueda calendárica: 194-203
- calendario gregoriano: 162n, 191-192, 226, 293
- calendario juliano: 226, 293
- calendario lunar: 51, 220, 262n, 278
- calendario solar: 64, 67, 398, 413
- calendario de 365 días: 66, 189, 194, 200, 202-203, 209-210, 224, 233, 332, 405; *véase también* calendario gregoriano
- Calixtlahuaca: 318
- Calle de los Muertos (Teotihuacan): 306-308, 310, 314n, 446, 448
- calles, *véase* calzadas y calles
- Calnek, E.: 46, 48, 210, 247, 312, 323, 326-327, 329, 330n
- calzadas y calles, orientación de: 306, 344n, 418; *véase también* Calle de los Muertos
- Canopo, estrella: 87, 148, 154-157, 161
- Cañón de Chaco: 315n, 413-414
- Capela, estrella: 86, 154-157, 161, 359, 365-366, 367
- Caracol (Chichén Itzá): 15, 131, 279, 282, 323, 367-382, 369, 372, 379, 389, 398, 404
- Caracol (Machu Picchu): 431-434
- Caracol (Mayapán): 214, 378, 379, 382
- Carlson, John B.: 45, 164, 229, 232, 267n, 273n, 298-299, 306, 309, 404, 413
- Carrasco, David: 11, 356
- Casa del Tepozteco, sitio: 318
- Casa del Gobernador, *véase* Palacio del Gobernador
- Casa del Enano (Uxmal): 390; *véase también* Templo del Adivino
- Casa Grande, sitio: 362
- Casas, Bartolomé de Las: 435
- Casiopea, constelación: 87-88
- Caso, Alfonso: 40, 45, 287, 358, 371
- Castañeda, Quetzil: 405
- Castillo (Chichén Itzá): 321, 381, 402, 403, 404-405
- Castillo (Tulum): 381
- Cástor, estrella: 59, 86, 144, 148, 154-157, 161
- Castleden, Rodney: 14
- Catalog of Maya Hieroglyphs* (Thompson): 179n
- Catherwood, Frederick: 28, 380
- Cehtzuc: 384, 386, 387-389
- cementerios: 440-441; *véase también* entierros
- cenit, definición de: 74, 138; errores en la determinación del: 316n; importancia del: 63-70; paso del sol por el: 55, 63-70, 95-96, 135, 154-157, 192, 197, 199, 302n, 311, 313, 335, 337-340, 343-344, 348, 352n, 355, 365, 372, 377, 398, 426, 429; principio: 197; tubo de observación del: 65, 361, 363-364; línea de salida del sol: 396-397
- Centaurio, constelación: 87, 421, 442
- centros ceremoniales: 14, 19, 31, 55, 182, 308, 320, 340, 351, 355, 406, 437, 446, 448
- centros de rituales reales: 305, 307
- ceques y sistema de ceques: 15, 69, 423, 426-429
- Cerdeña: 440
- cero, concepto maya del: 183, 183, 184
- Cerro El Chapín: 316, 317, 319, 445
- Cerro Chiconautla: 316n
- Cerro Colorado (Teotihuacan): 310-311, 445
- Cerro Colotepec: 331
- Cerro Cuauhtepec: 332
- Cerro de la Estrella: 52
- Cerro Gordo (Teotihuacan): 305, 314-315, 332, 445
- Cerro Huepango: 330
- Cerro Picchu (Cuzco): 356, 422, 428-429
- Cerro Telapon: 328, 331
- Cerro Tepetzinco: 331
- Cerro Teponaxtle: 315n
- Cerro Tláloc: 327-328, 329, 330-331
- Cerro Zempoaltepec: 339
- Cerros, Belice: 390
- Chac, dios: 350, 387-388
- Chac, señor (soberano): 383
- Chac ek*: 264, 371; *véase también* estrella de la mañana
- Chalchihuites: 316
- Chalchiuhtlicue, diosa: 208, 330
- Chalco: 333
- Chamberlain, Von Del: 410
- Chamula, San Juan: 68
- chamula, tabla calendárica: 66, 66, 67
- chamulas, indios: 66
- Chan Bahlum: 231-232, 301, 399-402
- Chan Kom: 343
- Chapín, El, *véase* Cerro El Chapín
- Chase, Arlen: 395
- Chase, Diane: 395
- Chiapas, piedra de: 189n
- Chiapas: 66, 68, 335
- Chichén Itzá, Caracol: 15, 131, 279, 282, 323, 367-382, 369, 372, 379, 389, 398, 404; Castillo: 321, 381, 402, 403, 404-405; caída de: 214; Dintel de la serie inicial: 223; Las Monjas: 276, 277, 278-280, 388n, 390; Plataforma Inferior: 371, 389; Plataforma Superior: 371, 378, 381; Templo de los Guerreros: 321n, 322
- Chilam Balam, libros de*: 194n, 200n, 204, 214
- Child, C., Jr.: 415
- China: 301, 434
- Chinchaysuyu (Cuzco): 427, 430n
- Chincheró (Cuzco): 427
- Chinchincalla (Cuzco): 427, 430n
- Chinkultic, marcador de juego de pelota: 222

- Chipre: 441
 Chiquimula: 63
 cholanos, mayas: 68
 chortis, mayas: 55, 63, 136, 343, 398
 chozas de tierra, concepto de: 410
 Christiansen, H.: 307
 chumash, indios: 414
 Chuquimarca (Cuzco): 427-428
 ciclo de 52 años: 48, 52, 55, 203-204, 245, 405
 ciclo de 584 días: 257, 262, 266, 267
 ciclo de 780 días: 269-270, 281
 ciclo de 1 820 días: 278, 281
 ciclo metónico: 114, 118, 138, 225
 ciclo del saros: 112-114, 138
 ciclos de los eclipses: 104n, 112-113, 115, 219, 241
 ciclos lunares, véase ciclo metónico; mes sinódico lunar; periodo sinódico lunar
 Cieza de León, Pedro: 424-425, 431
 Cinturón de Orión: 36, 49, 53, 56-60, 63-64, 67, 161, 280
 círculo horario: 138-139
 círculos de consejo: 409
 círculo vertical: 74, 137-138
 circummediterránea, arqueoastronomía: 435-444
 Citadel (Teotihuacan): 306
 Citlalcólotl, constelación: 53-54, 59
 Citlaltlachtli, constelación: 53-54, 56-57
 Citlaxomecuilli, constelación: 59
 Citua Raimi, fiesta: 426
 Ciudadela (Teotihuacan): 306
 civilizaciones mesoamericanas: 15, 28, 30-32; mapa de: 29
 Clemence, Gerald M.: 144
 clima, véase condiciones meteorológicas
 Closs, Michael: 228, 257n, 350
 Cobo, Bernabé: 426-427, 430n
 Cocales: 336
 Cocotitlán: 353
Código de Bodley: 39-40, 41-42, 43,
Código Borbónico: 329
Código, Borgia: 267-268
Código de Dresde, almanaques en: 180, 233-234, 281, 283; apariencia física del: 32-33, 232; contenido general del: 32-33, 232; fechas en: 224, 283; Marte en: 129, 269, 270, 272-273, 275n, 278, 281; seguimiento del año trópico mediante el Haab: 283n; tablas de base estacional en el: 283; tablas de eclipses en el: 220, 237, 240, 241-243, 245, 247, 251, 281, 318; Venus en el: 33, 46, 228, 239, 252, 254, 255-256, 258, 261, 265, 267-268, 272-273, 278, 282, 292, 346n, 349n-350, 372-373, 388
Código Féjerváry-Mayer: 205, 206-208, 341
Código Florentino: 43, 48, 52, 53-54, 55, 58-59, 61
Código Grolier: 33, 265, 267, 268
Código de Madrid: 33-34, 178, 205, 206, 208, 232-234, 236, 274n, 341
Código Magliabecchiano: 449
Código Mendocino o de Mendoza: 37-38
Código Muro: 40, 55
Código de París: 33, 269n, 276, 277, 278-282, 388, 435
Código Peresiano, véase *Código París*
Código Selden: 41-42
Código Telleriano-Remensis: 47
Código Tro-Cortesiano, véase *Código Madrid*
Código Vaticano: 35
Código de Viena: 43-44, 44
Código Vindobonensis, véase *Código de Viena*
 códigos, almanaques en: 180, 233-234, 281, 283; apariencia física de los: 232; astronomía en: 21, 37, 41-42, 43, 53, 58-59, 61, 121, 130, 217, 232-275; contenido general de los: 232-237; eclipses en los: 237-251, 281; Marte en los: 129, 269-274, 239, 270, 281; mayas: 22, 46, 232-293, 295; Venus en los: 33, 44, 45-46, 187, 228, 251-268, 278-279; véase también los distintos códigos
 Coe, Michael: 56, 59, 178n, 182, 232, 265, 267, 268, 336
 Coggins, Clemency: 341, 395-396
 Cogolludo, Diego: 214
 Cola de Serpiente, constelación: 44, 57
 cola de serpiente de cascabel, constelación: 55
 Collea, B. A.: 273n
 Colombia: 435
 colores, y direcciones cardinales: 181-182, 207, 371; y chozas de tierra pawnee: 410
 cometas: 34-35, 49, 53, 133-134
Comentario al Código de Dresde (Thompson): 129, 179
Comentarios reales del Inca (Carcilaso de la Vega): 416
 complejo de El Palacio (Palenque): 399
 cómo opera el calendario: 209-214
 computadora, programas de, cálculos de aritmética maya: 210n; conversión de fechas mayas: 288, 296; simulación del cielo: 135, 176; sucesos planetarios: 227
 condiciones meteorológicas: 31, 147, 298; véase también lluvia
 conejo en la luna: 98, 99, 239
 conjunción inferior: 118, 134, 138, 253, 255, 265, 388
 conjunción planetaria: 49, 126, 128-129, 231, 276, 401
 conjunción superior: 120, 138, 253, 265
 conjunciones: 134, 135, 140, 271, 273-274, 346n
 Conklin, W.: 418
 conmensurable: 114n, 128, 137-138, 189, 200, 203, 209, 241, 257, 260, 269, 335
 cono de sombra: 138

- constelaciones, de los aztecas: 49-62; petroglifos de: 414; *véase también* las distintas constelaciones
- conteo lunar: 220
- Copán, Acrópolis: 342, 345, 347, 352; arquitectura y orientaciones: 313, 341-357; cuenta ritual y uso del calendario de 260 días: 197, 313; diagrama del tiempo: 344, 348; ecuación lunar y conteo de lunas: 216n-217n, 220, 226, 285; entierros de escribas en: 178n; Escalera de los Jeroglíficos de: 225n; escultura: 31; estelas: 178, 187, 188, 212-213, 221, 224-226, 342-344, 345, 345, 346, 347n, 348, 356; gobernantes: 229, 345, 347-352, 355; Gran Juego de Pelota de: 345, 349; Gran Plaza: 345, 347; montañas: 315n, 339; paso del sol por el cenit en: 199, 343-344, 355; plano de: 343, 345-346; población: 251, 343; Templo 11: 347, 349n; Templo 22: 264, 345, 350, 352, 356, 389-390; y Venus: 231, 345, 347, 349-350, 351, 352, 355-356
- Copérnico: 115
- Copil, dios: 331
- Córcega: 440
- Coricancha (Cuzco): 418-420, 423, 428, 430-431n
- Corona Borealis: 50, 410
- Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions (Graham): 179
- correlación GMT: 192, 199, 212-213, 262n, 284, 287-288, 292, 346
- Cortés, Hernán: 16, 32, 324
- cosmogramas: 206, 208-209, 341, 342
- cosmología: 37, 43, 58, 179, 209, 417, 421, 433, 438, 440, 458
- cosmovisión: 22, 208, 300, 315, 333, 346n, 458
- Cozumel, isla: 381
- Creta: 441
- Crónica de Oxcutzcab: 285
- Crónica mexicana (Tezozómoc): 56
- cronología, Nuevo y Viejo Mundos: 18, 30
- Crowley, B.: 350
- Cruz, constelación: 154-157
- Cruz de Malta: 206-208, 445, 448
- Cruz del Sur, constelación, como constelación azteca: 57-58, 60; y el diagrama Pachacuti: 419, 420; y Monte Albán: 358, 360; y el paso del sol por el cenit: 64, 68, 69-70; posición de: 87-88; y los quechuas: 421
- cuadratura: 122, 138
- Cuadripartita (Tolomeo): 435
- Cuenta Larga, y el año trópico: 189, 199, 224-227; ciclo de 7 y 8 fechas: 192n; en el *Códice de Dresde*: 373n; conversión a fechas cristianas: 217n, 288-293; y correlación de fechas mayas y cristianas: 192, 199, 284-288; descripción de: 189-194; fechas como números artificiales: 281; en Palenque: 212-213, 220; y la rueda calendárica: 194-203, 211, 211, 213, 219, 222; y la serie inicial: 194; y la tabla de Venus: 261; y las tablas de eclipses: 249
- Cuzco: 15, 69, 354-356, 418, 420-422, 423, 426, 428-429, 432, 432, 434
- Daniel, Anne: 411n
- Davoust, M.: 179n, 215
- Dearborn, David: 418, 422, 429-430n, 431-432
- declinación, definición de: 75n, 138; fórmula para: 168-169; magnética: 164, 299; de los planetas: 130, 131, 131; en el sistema ecuatorial: 78, 78; del sol: 89, 90, 92, 159, 162-163, 165, 169n
- deidad solar: 13, 64
- Deneb, estrella: 85, 154-157, 161
- desana: 433
- detenciones lunares: 104
- días julianos: 114, 288-292
- Díaz Bolio, José: 404n
- 18 Conejo, soberano: 227, 350-351
- Dinsmoor, William Bell: 17, 299, 433
- Dios Descendente: 64
- Dios Negro: 52, 53
- dioses y diosas, *véase* las distintas deidades
- direcciones: 181-182, 308, 310, 409-410, 413, 441; *véase también* direcciones cardinales
- direcciones cardinales: 75, 79, 88, 90, 141, 207, 208, 264, 316-317, 394, 431
- dogones, indios: 435
- dólmenes: 440-441
- Dow, James: 311n
- Drewitt, R. B.: 307
- Drucker, R. David: 313, 395n
- Dubhe, estrella: 314n
- Dummuzi-Tamuz: 438
- Durán, fray Diego: 34-35, 62, 330, 360, 431, 449-450
- Dütting, D.: 55, 231
- Dzibilchaltun: 383n, 395n
- dzichi: 43
- Earle, D.: 200n
- eclipse anular: 106, 109, 112, 139; y los aztecas: 46, 48, 62, 247; en el *Códice de Dresde*: 220, 237-251, 239-240, 279, 318, 458; durante la década de los ochenta: 109-111; lunar: 48, 53, 62, 99, 103-104, 106, 107, 108-111, 114n, 134, 139, 229, 243-248, 250, 346, 352n; penumbral: 139; predicción de: 14, 19, 104, 107-109, 112, 121, 137, 219n, 237, 241, 245, 247, 281, 459; solar: 46, 48, 53, 99, 104, 107, 109-112, 114, 134, 139, 229, 230, 243-245, 247, 250, 318; *véase también* ciclos de los eclipses; eclíptica
- eclíptica: 78n, 86, 139-142, 144, 146, 248, 280, 435
- eclíptica, definición de: 79, 139; oblicuidad de la: 146

- ecuación de tiempo: 139, 169, 171, 284
 ecuador celeste: 77-78n, 86, 138-139, 435
 Eddy, John: 406, 408-409
 Edificio J (Monte Albán): 357-367, 359-360, 362, 367
 Edificio O (Monte Albán): 366-367
 Edificio P (Monte Albán): 65, 359, 361, 363, 364, 367
 efemérides: 33, 109, 129-130, 139, 169, 241n, 249, 256, 260, 262, 267, 271, 283, 293
 Egipto: 436, 439
 Ehécatl, dios: 372
 Eliade, Mircea: 301, 399n
 Ellis, Florence Hawley: 136, 414
 elongación: 139
 entierros: 32, 306, 395, 440
 Épsilon de Orión, estrella: 154-157; *véase también* Orión
 Épsilon de Escorpión, estrella: 421
 equinoccios, alineamientos para: 317-318, 319, 324, 325, 326n, 331, 391-392, 396, 397, 398, 402, 403, 410-411, 412, 413-414; definición de: 95, 139; de otoño: 79n, 90, 91, 94-96, 104, 132, 139, 344, 376, 402; de primavera: 48, 78-79n, 85, 90, 91-92, 93-96, 104, 132, 138-139, 142-144, 162n, 312, 328, 331, 344, 374, 376, 402, 405
 Escalera o Escalinata de los Jeroglíficos (Copán): 225n
 Escorpión, constelación: 43, 53, 56, 59, 67, 70, 77, 85, 86, 231, 239, 275, 276, 278n, 420, 431
 esfera celeste: 73-74, 75n, 78
 espacio, relación tiempo: 181, 203-209
 España: 439
 Espiga, estrella: 154-157, 161
 Esquipulas: 63, 398
 estaciones, periodos de las: 52, 95n
 Estela A (Copán): 221, 225, 227
 Estela D (Copán): 187, 188
 Estela E (Quiriguá): 222, 229
 Estela 10 (Copán): 343-344, 345, 345, 346, 347n, 348, 356
 Estela 12 (Copán): 343-344, 345, 345, 346, 347n, 348, 356
 estilóbato: 371, 373
 Estrada Monroy: 429
 Estrella Antigua, *véase* Venus
 estrella anunciadora (Capela): 365; *véase también* Capela
 estrella de la mañana y de la tarde: 46, 115, 117, 118-121, 199, 228, 264, 371, 385-388, 390, 419; *véase también* Venus
 estrella, motivo de: 306, 309, 311
 Estrella Polar: 59-60, 68, 75-76, 81-82, 142, 145, 154-157, 410, 414
 estrellas, tradición de culto a las: 306, 311
 estrellas, en Chichén Itzá: 375-376, 377, 378; y el concepto de chozas de tierra en Norteamérica: 410; marcas en Cerro Colorado: 310; visibilidad de las: 79-80, 88, 154-157; *véase también* las distintas estrellas
 estrellas fugaces: 49, 135
 estructuras redondas: 378-382, 379, 389; *véase también* Caracol
 etnoastronomía: 20, 20n
 etnocentrismo y arqueoastronomía: 17, 20, 60-63, 116n, 224, 431, 433, 457-458
 etnografía: 28n
 etnohistoria: 304
 etnología: 22, 28n
 etruscos: 353-354, 442
 extinción: 147-149, 151
- Fajada Butte, Cañón de Chaco: 413
 familia de orientaciones a 17°: 318
 Farge, Oliver La: 312n
 Farrer, Claire: 20n
 fases, de la luna: 97-98, 99-101, 102-103n, 109, 111, 121, 136, 183, 216, 219, 225, 233, 239, 241, 245, 253n, 281, 303
 Fash, William: 342, 347n, 350
 fechado de estructuras: 143
 fechas cristianas, conversión de fechas a Cuenta Larga: 287n-293; correlacionadas con fechas mayas: 284-288
 fechas mayas, conversión de: 217, 288-293
 fechas de serie inicial: 194, 200, 210-211, 214, 346n
 Felipe II de España: 65
 fenómenos meteorológicos, observación de: 136-137
 Fernández, Miguel Ángel: 404n
 Fewkes, Jesse: 52
 Fialko, Vilma: 395
 figuras humanoides para números: 187, 188
 Finca Naranjo: 398
 Flannery, Kent V.: 336
 Fletcher, Alice: 410
 Fomalhaut, estrella: 86, 154-157, 161
 Foncerrada de Molina, M.: 388n
 formas de variante de cabeza, números con: 179, 185
 fórmulas para arqueoastronomía: 166-167
 Förstemann, Ernst: 179, 253, 264
 Fort Smith, Montana, Rueda de la Medicina de: 408
 Francia: 440
 Frazer, sir James: 49-51
 Freidel, David: 22, 59, 182, 213n, 229, 280, 306
 Furst, J. L.: 43
 Fustel de Coulanges, Numa Denis: 353
- Garcilaso de la Vega, El Inca: 417-418, 424, 426, 429

- Géminis, constelación: 53, 57, 60, 86, 123, 144, 276n, 280, 382
 geografía: 434
 geomancia y orientaciones: 298-299, 302
 geomorfología y orientación: 298, 310, 315
 Gibbs, S. L.: 255n, 368, 372-373
 Gilpin, Laura: 404n
 Gingerich, Owen: 22, 434
 Girard, Rafael: 55, 63, 398
 glifo cola enroscada: 59
 glifo cruciforme: 314n-317, 391
 glifos de direcciones: 264
 glifos, notación: 187n; de la Placa de Leyden: 192, 193, 214-215, 215, 216; en Teotihuacan: 306, 309; véase también los distintos tipos de glifo
 glifos de cruz punteados: 308, 310, 311, 315-317, 409, 444-450, 445, 447; véase también los distintos tipos de glifo
 glifos, de piernas cruzadas: 42, 43, 217
 glifos de rodilla: 43
 glosario de términos astronómicos: 73, 137-141
 gnomon: 64-65, 96, 353, 361, 371, 425
 Goodman, J. T.: 179
 Goodman-Martínez-Thompson (GMT), correlación: 192, 199, 212-213, 262n, 284, 287-288, 292, 346
 Goodwin, Marie: 441
 Gossen, Gary: 66, 68
 Graham, Ian: 179
 Gran Juego de Pelota (Copán): 345, 349; véase también juego de pelota
 Gran Estrella, véase Venus
 Gran Plaza (Copán): 345, 347
 Grandes Llanuras, indios de las: 409
 Grecia, griegos: 37, 177, 180, 281, 435-436, 443-444, 459
 Griffin-Pierce, Trudy: 410n
 Grube, Nikolai: 179n-180, 237, 243, 265, 273n
 Grupo del Cementerio (Uxmal): 390
 Grupo de la Cruz, complejo del (Palenque): 231-232
 Grupo E, estructuras (Uxactún): 15, 391-396, 393-394, 398; planos similares en otros sitios: 394, 394-395
 Guamán Poma de Ayala, Felipe: 417, 417, 422, 429
 guaraníes, indios: 50
 Guatemala, alineamientos axiales en: 335; calendario de 260 días usado en: 66, 197; campesinos en, y la Luna: 216; estructuras Grupo E en: 15, 391-395, 393; mayas de: 55, 67, 178, 343; microentorno de: 336; Placa de Leyden en: 192, 193, 194; pueblo ixil de: 65, 396, 397, 397
 guerra: 229, 306, 361
 "guerra entre galaxias", hipótesis: 229
 haab (año común), y el año trópico: 224-226; ciclo *haab*: 66, 200, 202-203, 209; día cero en: 210-211; y series iniciales: 194; Pérez sobre: 65; en la tabla de Venus del *Códice de Dresde*: 69, 261, 264; y temporadas de eclipse: 283n
 Hanke, Lewis: 435
 Hartung, Horst: 312, 317, 321, 323, 326-328, 330n, 334-335, 337, 338-339, 341, 351, 361n, 367-368, 372-373, 378, 379, 380, 382-383n, 385, 391, 393, 445
 Hawkins, Gerald: 14, 16, 303n
henge: 411
 Hesíodo: 413
 Heyden, Doris: 314
 Híades, constelación: 97, 376
 hierofanías: 21, 301, 304, 326, 398-406, 403, 413
Hieroglyphen der Maya Handschriften, Die (Zimmermann): 179n
 High Bank, terraplén: 415
 Hiparco: 142n
 Hissink, K.: 388n
Historia del Nuevo Mundo (Cobo): 426
Historia general de las cosas de Nueva España (Sahagún): 43, 46
 Hively, R.: 415
 Hofling, C.: 251n
 hombre en la Luna: 97, 99
 Honduras: 28, 32, 63, 343, 396, 398
 Hopewell, terraplenes: 414-415
 hopis, indios: 52, 63-64, 398
 Horcasitas, F.: 328, 330
 horizonte, astronómico: 74, 76, 92, 139, 141-142, 150; observación del horizonte solar: 67, 88-97, 312; occidental: 46, 89, 312, 387, 425; sistema de referencia del: 76, 141; y variaciones del, visible: 150-152
 Horn, R.: 415
 Hoskin, Michael: 440, 441, 441-442
 Hotaling, L.: 120, 124, 135, 159, 228-229, 349n
 Hovenweep, Castle (zuni): 413
huacas (oratorios en Cuzco): 426-427, 430
 Hudson, T.: 414
 huipiles: 404
 Huitzilopochtli: 121, 323, 326-328, 331, 357
 Huitzilopochtli, templo de (Tenochtitlan): 327-328
 Iberia: 440
 Imhotep: 442
 Inanna: 438
 incas: 51, 356, 416-433, 419
Incidents of Travel in Yucatan (Stephens): 28, 65
 India: 304, 450
 indios, de Norteamérica: 51-52, 63, 81, 182, 406, 409; véase también las distintas etnias
 inframundo: 37, 347-348, 399-400, 402, 404-405

- intervalo de 15 días: 245
 intervalo de 148 días: 244-247, 249-250
 Inti Raymi, fiesta: 429
Introduction to the Study of the Maya Hieroglyphs, An (Morley): 179
 iroqueses, indios: 50
 Ishtar: 121n
 Isidoro: 442
 Isla del Sol: 429
 Islas Sociedad: 50
 Iwaniszewski, S.: 331
 Ix Chel: 237
 ixil, pueblo: 65, 396, 397, 397
 Ixkún: 218, 392
 Ixtlilxóchitl, Fernando Alba: 332
 Izapa: 336-337
- iacaltecas, mayas: 312n
 Jansen, Maarten: 40
 Jeremias, Alfred: 304, 405
 Juárez, Benito: 405
 Judge, W. James: 300
 juego de pelota: 40, 53, 57, 321n, 349, 390
 juego de pelota, estrella: 53, 57
 Juno, diosa: 442
 Júpiter, dios: 442
 Júpiter, planeta: 116, 125-128, 148, 228, 231-232, 275, 346n
 Justeson, John: 182, 220, 228-229, 278n, 361n
- Kansas, montículos en: 15, 409
 Kappa de Orión, estrella: 59
 katún: 189, 190, 191-193, 214, 221, 223, 225, 278n, 288, 342, 396
 Kaufman, T.: 228-229n
 Kehoe, Thomas: 408
 Kelley, David H.: 45, 180, 226, 241n, 280, 282, 284, 319, 328, 346n
 Kelley, J. Charles: 316-317
 Kerr, K. A.: 226, 241n
 kin, glifos: 181, 189, 190, 192-193, 200, 223, 288, 344, 388
 Kingsborough, lord: 38, 178
 Knorosov, Yuri: 180
 Kochab, estrella: 59
 kogis, indios: 435
 Kowalski, Jeff: 383, 387
 Krupp, Edwin: 404, 412
 Kukulkán, dios: 253, 321, 372, 378, 380, 399, 403-405
 Kurbjuhn, Kornelia: 179n
 Kurjack, Edward: 340
- lacandones, mayas: 37, 60, 253, 350
 Lacco (Cuzco): 423, 428
- Laguna de los Cerros: 336
 Lamb, W.: 60
 Landa, Diego de: 32, 178, 214, 276n, 286, 378, 380, 384n, 404-405
 Landis, L.: 273n
 Laporte, Juan Pedro: 395
 Larios, Rudy: 350
Latin American Anriquity: 20
 Leo, constelación: 85-86, 144, 280
 Lepper, B.: 415
 Lévi-Strauss, Claude: 50-51, 457-459
 Libertad, La: 336
 Libra, constelación: 59, 86,
Libro de Chilam Balam de Kaua: 194n, 200n, 204, 205
Libro de Chilam Balam de Tizimín: 286
Lienzo de Zacatepec: 40, 41
 límites eclípticos: 103, 104n, 112, 139
 Lincoln, J. Steward: 65, 396-397
 Linden, J.: 217
 líneas de nodos: 103n, 105, 107
 Linsley, R. M.: 365
 llama, constelación: 70, 421
 Llaves de San Pedro: 56
 lluvia: 51, 55, 63-65, 68, 132, 251n, 330, 332-333, 336, 343, 349-350, 355, 357, 387, 413
 lluvia de meteoritos: 135
 Lockyer, sir Norman: 14
 Long, R. C. E.: 396
 López Austin, Alfredo: 61-62, 307
 Lounsbury, Floyd: 180, 210, 212, 229, 231, 253n, 257n, 260, 262-263, 263, 280, 287
 Love, Bruce: 179n
 lubes: 252, 254, 256
 Luna, en la astronomía inca: 418; acimutes de: 154-157; y cementerios: 441; conejo en la: 98, 99, 239; y eclipses: 99, 104n, 105, 106n, 237-251; fases de la: 97-98, 99-100, 100-101, 102-103n, 109, 111, 121, 136, 183, 216, 219, 225, 233, 239, 241, 245, 253n, 281, 303; hombre de la: 97, 99; mes sinódico: 102, 103n-104n, 105, 109, 111-112, 114n, 118; movimientos de la: 13, 35, 67, 97, 97, 100-101, 102, 144, 282; observación de la: 97-98, 441; y la Placa de Leyden: 216-217, 218, 219
 Luna, diosa: 53, 237, 251n
 Luna, Pirámide de la (Teotihuacan): 306, 307, 310, 315
- Machacuay, constelación: 421
 Machu Picchu: 431
 MacKie, Euan: 14
 MacLeod, Barbara: 232
 MacPherson, H.: 238n
 magnetismo y orientaciones: 298-299, 302
 maíz, véase milpa, agricultura

- Major, John: 435
 Makemson, M.: 410n
 Malmström, Vincent H.: 164, 313, 336-337
 Malta: 442
 Mamalhuaztli, constelación: 36, 53, 55-57
 manuscritos mayas, *véase* códices
 maoríes: 434
 mapas de las estrellas: 85, 86, 87-88
 Marcus, Joyce: 182, 213n
 Marquina, Ignacio: 324
 Marshack, Alexander: 66-67
 Marte, ciclos de: 115-116, 121-122, 123, 124-125, 128-129, 269n, 271n; en los códices: 129, 269-274, 270, 275n, 278, 281; en la conjunción planetaria: 128-129; movimiento de: 115, 121-122, 123, 124, 124, 125; orto heliaco de: 270n; periodo sideral de: 116n, 121, 128-129; periodo sinódico de: 124, 128, 199, 261, 272; como planeta superior: 116, 121
 Martin, Simon: 180
 Mason, Gregory: 381-382
 Mathews, Peter: 180, 227
 Matos, Eduardo: 326
 Matto Grosso, tribus de: 50
 Maudslay, Alfred P.: 178, 188, 222, 324, 376
Maya Astronomy (Teepie): 179
Maya Hieroglyphic Writing (Thompson): 179
 Mayapán: 214, 298, 378, 380-382, 404
 mayas, y el año trópico: 224-227; arquitectura y orientación de ciudades: 15, 334-357, 337-338; astronomía: 48, 101, 104, 109, 111, 118, 120-121, 130, 134, 136, 179-180, 217, 219-220, 227, 232-275, 280-281; calendario: 17, 21, 68, 118, 120n, 182, 189, 190, 197, 209, 261, 268, 296, 313, 335, 378; como civilización avanzada: 28; correlación de fechas del calendario: 212-213, 284-288; cosmología: 58, 68, 179; decadencia de los: 31-32; y Venus: 21, 46, 116, 118, 120, 131, 131, 197, 251, 349; zodiaco: 60, 142, 276, 277, 280, 282; *véase también* cholanos; chortis; jalcatecas; lacandones; yucatecos
 Mayu, río celeste: 421
 McCluskey, Stephen: 413
 Medio Oriente: 436-441
 Meeus, Jean: 118n
 Menorca: 440, 442
 Mercurio, planeta: 116, 120n, 128, 130, 252, 267, 275
 meridiano celeste: 98, 140
 mes, anomalístico: 114, 140; dracónico: 111-112, 114n, 140; nombres de, y glifos de nombres: 196, 201; sideral: 102-103n, 103, 140; sinódico: 69, 102, 103n-105n, 103, 109, 111-112, 114n, 118, 121, 140, 241, 251
 mes sinódico lunar: 100-101, 189, 214-223, 250, 408
 Mesa Verde: 414
 Mesoamérica, civilizaciones de: 15, 28, 30-32; mapa de: 29
 meteoritos: 49, 62, 135-136
 Metón de Atenas: 443
 México: 16, 59, 61, 65, 91, 114, 147, 165; Central: 37, 118n, 120-121, 203, 239, 255, 334
 México, ciudad de: 305, 318, 326, 328, 330, 358
 microentomo: 336
 Milbrath, Susan: 11, 231, 268, 405
 Miller, Mary E.: 229, 280, 347, 349n, 390
 Millon, René: 308, 314
 milpa, agricultura: 31, 343, 349, 351, 357, 397
 Milpoleta, villa: 66
 Minnaert, M.: 136
 minoanos: 441
 Misisipi, Valle del: 411, 415
 Missouri, túmulos en: 15
 mitología ugarítica: 439
 mixtecos, códices: 39, 43, 208, 303n; *véase también* *Códice de Bodley*
 Mizrahi, Yonathan: 436, 438, 439
 mocobíes, tribu: 51
 Moctezuma: 35, 35, 56, 323, 328n
 Moctezuma Xocoyotzin: 56
 Mojarra, La, estela 1 de la: 228, 230
 mojones o pilares: 421, 422, 428-429n
 Monjas, Las (Chichén Itzá): 276, 277, 278-280, 388n
 Monjas, Las, (Uxmal): 390
 Monje, Montículo del (Cahokia): 411-412
 Mono de Humo, soberano: 349
 Monte Albán, calendario encontrado en: 194; Edificio J: 357-367, 359-360, 362, 367; Edificio O: 366; Edificio P: 65, 359, 361, 363, 364, 365, 367; plano: 367; tubo de observación cenital: 65, 361, 364-365
 Monte Alto: 398
 Monte Hermón: 439
 Monte Tabor: 439
 Montículo de la Cerámica: 411
 Morley, Sylvanus G.: 179, 189n, 193, 223, 343
 Morris, Walter: 404
 Motolinía, fray Toribio de Benavente: 199, 251, 253n, 323, 324, 328n, 353
 Mountain Moose, Rueda de la Medicina de: 408
 movimiento lunar: 13, 35, 67, 97, 97, 100-101, 102, 144
 movimiento retrógrado: 122, 124, 124, 126-127, 129, 140, 228, 231, 271n-273, 303
 Muñeca, La: 392, 394, 394
 Naachtún: 392, 394, 394
 nadir: 68-69, 77, 138, 140, 141, 181, 433; *véase también* cenit
 Nakúm: 392

- Nasca, líneas de: 417, 433
navajos, indios: 51-52, 53,
nawamis, entierros: 440
ndisi nuu: 39-40, 43
Nebaj: 63, 396, 398
Nebulosa del Cangrejo: 136, 414
Netzahualpilli: 33-35, 37
Niño, El: 51
nodo ascendente: 104, 104n, 109, 140
nodo descendente: 104, 104n, 140
nodos: 104-105, 107, 111-112, 114, 137, 139-140,
248, 458-459; regresión de los: 104, 141
Nohpat: 384-385
nombres de días y glifos de nombres de días: 194,
195, 196-199, 204n, 207
notación: 107, 140, 184, 208, 220, 269, 283, 292-
293
Nueva Zelanda: 434
Nueve Señores de la Noche: 207, 215, 215, 216,
219, 221, 405
números, figuras humanoides para: 187, 188; filoso-
fía mesoamericana de los: 178, 181-189; con
forma de variantes de cabeza: 179, 185; y opera-
ciones matemáticas: 189, 210n; sistema de punto
y barra: 184, 185-186, 265, 270, 272, 388
números de anillo: 237, 254, 261, 265, 270, 270,
271, 273
*Numeration, Calendar Systems and Astronomical
Knowledge of the Mayas* (Bowditch): 179
Nuttal, Zelia: 39, 43, 54, 60, 64, 199, 252, 382
- O'Brien, P.: 307
observación: 281, 366, 396, 397, 397
observatorios: 39-40, 43, 60, 65, 131, 279, 379, 382,
391-395, 397, 398, 404, 437
ocaso heliaco, definición de: 140; tabla de acimutes
de orto y ocaso: 154-157, 160-162; de Venus: 280
Oceanía, pueblos de: 81
ocultamientos: 102n, 134-135, 140
olmeca, arte: 31
O'Neil, T.: 251n
operaciones matemáticas: 189
oposición: 122, 140
orientación del glifo: 264
orientaciones, de Cahokia: 411; casualidad o azar y:
299; de las chozas de tierra pawnee: 409-410; de
las ciudades mayas: 15, 334-357, 337, 338-339; y
clima: 300; consideraciones sociales para las: 299;
de Copán: 313, 341-357; definición de: 298; dis-
cusiones antiguas sobre: 303n; y magnetismo y
geomancia: 298-299, 302; motivos de la: 297-304;
planeación urbana en el Altiplano de México: 19,
305, 307-308, 310-315, 318, 320; y los romanos:
354; de Tenochtitlan: 323-333; de Teotihuacan:
15, 305, 307-308, 310-314, 318, 320, 322, 342,
446; y topografía o geomorfología: 298, 310, 315;
véase también arquitectura
orificios de observación: 361-362, 363, 364-365, 398;
véase también observación; tiros de observación;
tubos de observación cenital
Orión, constelación: 56, 59, 68, 85, 86, 420
orto, cósmico: 152n;acrónico, 152n
orto heliaco, definición de: 119, 140, 152; de Marte:
270n; de las Pléyades: 161, 311, 356, 363, 407,
430, 443, 458; y ruedas de la medicina: 407; tablas
de acimutes de orto y ocaso: 154-157, 160-162; de
Venus: 119-121, 131, 228-229, 253, 256-257, 259-
260, 262, 279-280, 282, 372, 378
Osa Mayor, constelación: 49, 58-60, 68, 87-88, 148
Osa Menor, constelación: 49, 53, 57, 58-59, 75, 87-
88, 145
- Paalmul: 381-382
Pacal: 212-213, 399-402
Pachacuti, diagrama: 419, 420
Pachacuti Yamqui, Joan de Santa Cruz: 419, 419
Pachamama, madre tierra: 357, 420
Pacífico Sur, islas del: 50
Pájaros Carpinteros como: 60
Palacio (Bonampak): 277, 280
Palacio de los Estucos (Acanceh): 276n
Palacio del Gobernador (Uxmal): 264, 279-280,
282, 383-390, 384, 386, 389, 398
Palenque, complejo del Grupo de la Cruz: 231-232;
complejo de El Palacio de: 399; conjunción pla-
netaria en: 231; dioses de: 400-401; estelas en: 226;
fechas en: 220; hierofantas astronómicas en: 21,
301, 304, 398-399; inscripciones en: 180, 212, 218,
231, 399; Casa C del Palacio: 222; secuencias
dinásticas en: 227; soberanos de: 212-213, 228-
229, 231-232, 301-302, 399-400; Tablero de la
Cruz: 399-400, 401, 401; Templo de la Cruz: 226,
231, 399-400, 402; Templo de la Cruz Foliada:
223, 226, 231; Templo de las Inscripciones: 212,
232, 383n, 399, 402; Templo del Sol: 223, 226,
231; trabajo de estuco de: 31, 231, 399; y Venus:
401
Paraguay: 50
parapegma, almanaque escrito: 443
Parker, Joy: 22, 280
Parsons, Elsie Clews: 64, 361
paso por el perihelio: 96
patolli, juego: 449, 449
pawnee, indios: 409-410
Paxton, M.: 278n
Peeler, D.: 365
penumbra: 105-106, 140
Peña de Cayaguarca: 398
Peraza, Carlos: 381
perdiz, constelación: 70, 421

- Pérez, Juan Pío: 65, 316n
 Perforador o Palos para el Fuego, constelación: 36, 55-56
 periodo de 1820 días: 278, 281
 periodo de 2920 días, del almanaque Venus: 281-282, 346n
 Periodo Clásico o Floreciente: 31, 114, 228-229, 285, 339
 Periodo Clásico Tardío: 31, 114, 131, 212, 334-335, 337, 338-339, 354
 Periodo Clásico Temprano: 114, 334, 337, 338-339, 395
 Periodo Clásico Terminal: 337-341
 Periodo Formativo Antiguo: 31
 Periodo Formativo Medio: 31
 Periodo Formativo Tardío: 334, 338-339
 Periodo Formativo Temprano: 28
 Periodo de Independencia: 217, 220
 Periodo Posclásico: 263, 320, 335, 338-339, 378, 382
 Periodo Preclásico: 134, 335-336, 391, 395
 Periodo Preclásico Tardío: 197, 395
 Periodo Preformativo: 31
 periodo de revolución sideral: 116, 118, 121, 125, 129
 Periodo de Rebelión: 220
 periodo sinódico, definición de: 118, 140; lunar: 103, 109, 217, 234, 238, 281; de Marte: 124, 128, 199, 261, 272; y el periodo sideral: 103, 125-126, 128, 137, 140; de los planetas: 118, 125, 127, 137, 227; de Venus: 118, 128, 131, 253, 260-261, 352n
 Periodo de Uniformidad: 220
 Perseo, constelación: 86, 153
 Perú: 15, 91, 430n
 Petén: 340, 382n, 391, 394, 395
 petroglifos, de constelaciones: 414; *véase también* los distintos tipos de glifos
 petroglifos de cruz punteados: 310, 311, 315-316, 444-450, 445, 447
 Picacho Montoso: 317, 319
 picota (Cuzco): 429
 pictún: 283
 Piedra de Chiapas: 189n
 Piedras Negras: 180, 218
 pies negros, indios: 50
 Pirámide de la Luna (Teotihuacan): 306, 307, 310, 315
 Pirámide del Sol (Teotihuacan): 305-306, 310, 311, 312-315, 316n
 Pirámide de la Vieja (Uxmal): 390
 pirámides: 14, 168, 301, 318, 341, 342, 384n, 392, 396; *véase también* las distintas pirámides
 Piscis, constelación: 56, 143, 145
 Pizarro, Francisco: 16, 429
 Placa de Leyden: 192, 193, 194, 210, 288; serie suplementaria de la: 214-223, 218
 planeación de ciudades, *véase* planeación urbana
 planeación urbana, en el Altiplano de México: 304-323; de las ciudades mayas: 334-357; de Copán: 341-357; de los etruscos: 353-354, 442; de los romanos: 354; de Tenochtitlan: 323-333; en Teotihuacan: 15, 305-323; *véase también* arquitectura
 planetas, ciclos de los: 21, 115-133, 231, 281; definición de: 115; en inscripciones monumentales: 125, 131, 231; movimiento de los: 13, 79, 84, 115-116, 118, 123, 129, 144, 231, 255n, 275, 281; movimiento retrógrado de los: 122, 124, 124, 125-127, 129, 140, 228, 231, 271n-273, 303; periodo de los: 128-129, 137; *véase también* los distintos planetas
 planetas inferiores: 116, 140
 planetas superiores: 116, 121, 140
 Plataforma Inferior (Chichén Itzá): 371, 372, 389
 Plataforma Superior (Chichén Itzá): 371, 372, 378
 Platón: 443
 Playa Nabta: 439-440
 plaza (Copán): 345, 345
 Plaza de Armas (Cuzco): 425, 428-429
 Plaza de Regocijo (Cuzco): 429
 Pléyades, constelación, acimutes de: 154-157, 158; y Chichén Itzá: 376, 381; en los códigos: 43, 53, 55; como constelación azteca: 49-55, 54; y Cuzco: 418, 420-421, 430; y el diagrama Pachacuti: 419, 420; y Mayapán: 381; y los mayas lacandones: 60; y los mayas tzoltziles: 67; como mecanismo cronológico para la rueda calendárica: 355; y Monte Albán: 361; observación de: 43, 49-52, 54, 152-159; y orientación en Teotihuacan: 310-311, 320, 363; orto y ocaso heliacos: 161, 311, 356, 363, 407, 430, 443, 458; y el paso del Sol por el cenit: 52, 55, 63-64, 311; y precesión: 318, 320; y los pueblos andinos modernos: 420-421
 Pnyx: 443
 Polaris, estrella: 77, 142
 polinesios: 435
 polo norte: 50, 75n, 79, 82-83, 88
 polo sur: 70, 83
 polos celestes: 75-76, 82, 138-143, 145
 Pólux, estrella: 59, 86, 144, 148, 150, 154-157, 162, 382
 Popol Vuh: 59, 68, 342
 posición lunar: 282
 Poverty Point: 415
 precesión: 140-144, 145, 150, 159, 318
 Primer of Mayan Hieroglyphics, A (Brinton): 179
 Proción, estrella: 154-157, 162
 Proskouriakoff, Tatiana: 180
 Puebla: 321
 pueblo, indios: 315n, 317
 puertas, como puestos de observación: 39
 Puerto Rico (México): 382n-383n
 puesta del sol: 18, 40, 63, 67-69, 88-89, 90, 101, 133,

- 143-144, 181, 224, 233, 312, 327, 339, 344, 348, 374, 375-376, 376, 381, 398, 422, 424-425, 428-429, 430n, 446
- Purrington, R.: 159
- Puuc, orientación: 335, 337-338, 340-341, 354, 383, 384, 388n
- Pyanepsión, fiesta: 443
- quechua: 421
- Quetzalcóatl, dios: 32, 45, 121, 200, 253n, 255, 267, 321, 371-372, 378, 403
- Quiangalla (Cuzco): 428, 430n
- quichés, mayas: 59, 67-69, 178, 197
- quinze, juego: 450
- quipo: 417, 417, 418
- Quiriguá: 218, 226, 229
- rama dorada, La* (Frazer): 49
- Rathje, W.: 392
- raya, véase *ceques* y sistema de *ceques*
- Redfield, Robert: 343
- Reduction of Maya Dates* (Spinden): 179
- refracción: 142, 144-147, 148, 149
- registro etnológico: 63-70
- Régulo, estrella: 85-86, 154-157, 162
- Relación de las cosas de Yucatán* (Landa): 178
- Remington, J. A.: 67-68
- Reyman, Jonathan: 414
- Rickards, C.: 330
- Ricketson, Oliver: 368, 370, 374
- Rigel, estrella: 59-60, 85, 86, 154-157, 162, 407, 420
- Río Bec: 392
- Río Coatzacoalcos: 339
- Río de Janeiro: 83
- Rivard, J.: 402-403, 404n
- rollo (Cuzco): 429
- Romain, William F.: 415
- Román y Zamora, J.: 46
- romanos: 177, 354, 442-443
- Romanov, M.: 344n
- rueda calendárica: 194-203, 211, 211, 212-213, 219, 222, 249, 256, 259, 261, 286, 355, 405, 431
- Rueda de la Medicina, 15, 406-407, 407-408, 408
- rueda sagrada: 251
- Ruggles, Clive: 14, 20, 104, 395n
- Rujm el-Hiri: 436-440, 437, 439
- Ruppert, Karl: 394, 394
- sacerdotes: 35, 43, 60, 64, 68, 178, 243, 313, 323, 352
- sacrificios: 57, 207, 321
- sacrificios humanos: 43-44, 306n, 323-324, 330-333, 357
- Sadowski, R. M.: 418
- Sahagún, Bernardino de: 43, 46, 48-49, 52-53, 54-57, 59, 61-62, 98, 203, 255, 276, 331, 431
- Salazar, Arcadio: 404n
- salida del sol: 13, 15, 18, 40, 44, 63, 67-69, 88-89, 89, 90, 100-101, 133, 143-144, 181, 224, 233, 252, 298, 313, 317, 319, 323-324, 325, 331, 334, 337, 392, 398, 411, 418, 424, 438-439, 443, 446
- San Andrés, cruz de: 206-208
- San Lorenzo, sitio: 31, 336, 337
- San Pedro, constelación de: 56
- Sanders, William: 305n, 333, 347, 354
- Santa Clara, sitio: 336
- Santa Elena, pueblo: 384n
- Sarmiento de Gamboa, Pedro: 424-425, 431
- Satterthwaite, Linton, Jr.: 219n
- Saturno, planeta: 116, 124, 128, 231, 275
- Schele, Linda: 22, 59, 179n-180, 182n, 213n, 227, 229, 237, 243, 265, 273n, 280, 306, 347-348, 349n, 390, 399, 401
- Schreiber, K.: 431n
- Seddon, M.: 429
- Seler, Eduard: 46, 179, 253n, 255, 267-268, 388
- Señores de la Noche: 207, 215, 215, 216, 219, 221, 405
- series lunares: 179, 216, 218, 219, 414
- serpiente, constelación: 421
- serpiente, hierofanía de la: 402, 403, 403-405
- Sharp, Rosemary: 354
- sherentes, indios: 50
- Shook, Edwin: 398
- Siemens, Alfred H.: 299, 323
- Siete Cabrillas, Pléyades: 54-56, 418
- Siete Hermanas, véase Pléyades
- Siete Hermanos, véase *Corona Borealis*
- Siete Muchachos, constelación: 55, 418
- simbolismo ojo-vara: 39-40, 43
- simulación del cielo, programas de: 135, 175
- Sirio, constelación, acimutes de orto y ocaso: 154-157, 310n; y el concepto de chozas de tierra en Norteamérica: 410; y Rueda de la Medicina de Big Horn: 407-408; y los mayas lacandones: 60; y Monte Albán: 366; y la orientación de Teotihuacan: 310n; orto y ocaso de: 162; posición de, durante el año: 85, 86; Rujm el-Hiri: 438-439; visibilidad de: 148, 366, 438
- sistema eclíptico de coordenadas: 79
- sistema ecuatorial de coordenadas: 77, 141, 145
- sistema de numeración vigesimal: 184
- sistema de referencia del horizonte: 74, 76
- sistema de punto y barra: 184, 185, 265, 272, 388
- sitios de internet: 21, 176
- sizigi: 141
- skidi pawnee, indios: 409-410
- Sky and Telescope*: 176
- Smith, A. L.: 391

- Smith, Mary Elizabeth: 39, 41, 43, 55
 Snow, D.: 200n
 sociedad domesticada: 300
 software, *véase* computadora, programas
 Sol, acimutes del: 154-157; como Cristo: 68; y Cuzco: 421, 425, 425, 428-429; declinación del: 89-90, 92, 159, 162-163, 169n; como Dios: 13, 53, 67, 121, 304, 324, 401-402, 440; y los eclipses: 45-46, 48, 53, 99, 103-104, 107, 109-112, 114, 134, 139, 229, 230, 243-245, 247, 250, 318; glifos de: 43-44, 389; Luna y: 97-115, 415; mascarones de: 390; movimiento del: 13, 67, 78, 84-97, 84, 89, 89-90, 91, 144; observación del: 15, 336, 361, 397-398, 421; paso por el cenit: 55, 63-70, 95-96, 135, 154-157, 192, 197, 199, 302n, 311, 313, 335, 337-340, 343-344, 348, 352n, 355, 363, 372, 377, 398, 426, 429; *véase también* equinoccios; solsticios; salida; puesta
 Sol de la Tierra: 121
 Sol, Pirámide del (Teotihuacan): 305-306, 310, 311, 312-315, 316n
 solsticios, alineamientos para los: 316-317, 319, 335, 337, 371, 391-392, 393, 410-411, 413-416, 418, 424, 427, 430-431, 437; y alineamientos axiales: 336; y el concepto de chozas de tierra en Norteamérica: 410; definición de: 93, 141; de invierno: 85, 90-91, 94, 104, 135, 141, 154-157, 182, 231, 317, 334, 337, 366, 399, 402, 412, 440; y rueda de la medicina: 408-409; en el sureste norteamericano: 413; de verano: 90-91, 92-96, 104, 130, 135, 141, 154-157, 182, 310n-311n, 316-317, 319, 335, 366, 371, 372, 408, 412, 420
 Somerville, B.: 303
 Sosa, J.: 68
 Spinden, Herbert: 179, 196n, 262n, 272, 276n
 Sprajc, Ivan: 228, 312, 313, 315, 331, 384-385
 Stephen, Alexander: 63
 Stephens, John Lloyd: 28, 65, 380, 384
 Stephenson, F. R.: 136
 Stonehenge: 14, 20, 81-82, 90-91, 92, 147, 409, 411, 432, 434, 436
sucancas (Cuzco): 423, 428
 sucesos celestes, importancia de los: 13
 Sudáfrica, pueblos de: 50
 Sudamérica, arqueoastronomía en: 69, 416-433
 Sugiyama, S.: 306n-307
 supernova: 136
 suyus (Cuzco): 427
 Tablero de la Cruz (Palenque): 399-400, 401, 401
 tablas de eclipses: 237-251, 240, 252, 256, 262n, 264, 272, 281, 318
 Tal-Qadi, piedra: 442
 Tan Sha, sitio: 63
 Tauro, constelación: 50, 56-57, 86, 97, 102, 123, 136, 143, 145, 376, 381
 Tedlock, Barbara: 59, 67-69, 197, 252, 255n, 278n
 Tedlock, Dennis: 68, 233
 Teeple, John: 179, 198, 224-226, 257, 263
 Templo del Adivino (Uxmal): 390; *véase también* Casa del Enano
 Templo de la Cruz (Palenque): 226, 231, 399-400, 402
 Templo de la Cruz Foliada (Palenque): 223, 231
 Templo de los Guerreros (Chichén Itzá): 321n, 322
 Templo de las Inscripciones (Palenque): 212, 232, 383n, 399, 402
 Templo Mayor (Tenochtitlan): 21, 323-324, 325, 326-328, 329, 330-332, 355-356, 374
 Templo de Quetzalcóatl (Tenochtitlan): 306
 Templo de la Serpiente Emplumada (Xochicalco): 276, 318
 Templo de las Siete Muñecas (Dzibilchaltún): 383n, 395n
 Templo del Sol (Alta Vista): 317, 319
 Templo del Sol (*Código de Viena*): 44
 Templo del Sol (Cuzco): 418, 426, 427-428
 Templo del Sol (Mesa Verde): 414
 Templo del Sol (Palenque): 223, 231
 Templo de Venus (Copán): 342, 351, 352
 Templo 11 (Copán): 347, 349n
 Templo 22 (Copán): 264, 345, 350, 352, 356, 389-390
 templos, en Calixtlahuaca: 318; en Copán: 264, 347-349n, 350, 351, 352, 356, 389-390; etruscos: 353, 442; griegos: 443; de Malta: 442; origen de la palabra: 441; en el Periodo Formativo Medio: 31; como puestos de observación: 39, 43, 60, 279, 314, 352, 357-358, 360, 382, 433; en Tula: 322; *véase también* los distintos templos
 Tena, Rafael: 287
 Tenayuca: 315n, 318, 336
 Tenochtitlan: 32, 46, 49, 59, 306, 323-334, 325, 336
 teodolito: 168-170, 172, 370, 381-382, 383n, 428
 Teotihuacan, Calle de los Muertos: 306-308, 310, 314n-315, 446, 448; estrellas vistas desde: 81, 82; y la guerra: 229; como majestuoso centro ritual: 305, 307; movimientos solares vistos en: 91, 92; orientación: 305, 307-308, 310-314, 315, 318, 320, 342, 446; petroglifos: 228, 306, 308-309, 310, 311, 444, 445, 446, 447, 448-449; pirámides: 305-306, 307, 310, 311, 312-315, 316n, 323; plano: 15, 306, 308; planeación urbana: 15, 305-323; Proyecto de Plano de: 308, 310, 313; población y área: 305n; tubo de observación cenital: 65
 Tepeapulco: 445, 446
 Tepoztlán: 318
 términos astronómicos, glosario de: 137-142
 terraplenes en Hopewell: 414
 Tezcatlipoca, dios: 121, 317

- Tezozómoc, Fernando Alvarado: 56-58, 328, 331
 Thom, Alexander: 14, 16, 148, 299
 Thompson, J. Eric S., sobre almanaques en códices: 233; sobre arqueoastronomía: 13, 16; sobre asimetría en arquitectura maya: 370-371n; sobre astronomía y astrología mayas: 237; sobre baktún: 191n-192n; sobre Caracol en Chichén Itzá: 368; *Catalog of Maya Hieroglyphs*: 179n; sobre el *Códice Grolier*: 267n; sobre correlación de fechas mayas y cristianas: 284-285; sobre desciframiento calendárico: 177-180; sobre escritura: 179; sobre fechas de la Cuenta Larga: 200; sobre la tabla de Marte en el *Códice de Dresde*: 269, 270; sobre la tabla de Venus en el *Códice de Dresde*: 252, 254, 256n-257n, 259, 261, 263; véase también Goodman-Martínez-Thompson, correlación
 Thurston, Hugh: 241n
 Tianquiztli, constelación: 52-53, 61
 Tichy, Franz: 299, 312, 321, 323, 344n
 tiempo, concepto maya de: 16, 182, 194, 281, 349, 399, 405; relación espacio: 181, 203-209
 "tiempo real", astronomía de: 228, 400
 Tikal: 31, 193, 221, 226, 306, 341, 342, 342, 391, 396
 Timor, sitio: 298
 tiros de observación: 65, 383n
 Titicaca, Lago: 429
 Tlahuizcalpantecuhli: 253n, 403
 Tláloc, dios: 208, 228, 326, 327, 330, 332, 355-357
 Tlaxcala: 321
 Tlaxiaco, "signos de lugar" en los códices: 39-40, 43
 Tobriner, Stephen: 314-315
 Tolomeo: 73, 137, 435
 toltecas: 322, 403
 Tonalpohualli: 194
 Tonatiuh, guerrero: 44
 topografía y orientación: 298, 310, 315
 Torquemada, F. J. de: 33, 37
 Torreón (Machu Picchu): 432-433
 Towsend, Richard: 330
trabajos y los días, *Los* (Hesíodo): 413
 trayectorias celestes, observación de: 67
 Tres Zapotes: 31, 211, 212
 Triángulo, constelación: 56, 153
 Trópico de Cáncer: 28, 96, 141, 275, 316, 319, 439, 446
 Trópico de Capricornio: 96, 141, 275
 Tubán, estrella: 142
 tubos de observación cenital: 65, 361, 364-365; véase también orificios de observación; varas cruzadas
 Tuckerman, Bryant: 126, 135
 Tula: 318, 320-321n, 322, 371
 Tulum: 381
 tumbas, véase entierros
 tumbas de gigantes: 440-441
 túmulos ceremoniales: 15, 412
 tun: 189, 190, 190-193, 223, 285, 286, 288, 396
 tzab, Pléyades: 55
 Tzol kin: 194, 198-199, 203, 209, 212, 241, 248-249, 253n, 255, 261, 264, 267, 269-270, 276, 335, 400; véase también calendario de 260 días
 Uaxactún, entierros en: 306; estructuras Grupo E: 391-396, 393, 394-395; petroglifos de cruz punteados: 444, 445, 446
 uinal: 189, 190, 191-192, 223, 224, 288, 312n, 339, 344, 348
 Underhay, E.: 414
 universo, como concepto: 35-36
 Uno Ahau, dios: 260-263, 263
 Urano, planeta: 116n
 Urcid, Javier: 365
 Urton, Gary: 69, 136, 280n, 418, 420-421, 433
 Ushnu (Cuzco): 356-357, 422, 423, 425, 425, 428-429, 432
 Uxmal, mascarones en: 387-388; Palacio del Gobernador: 264, 279-280, 282, 383-390, 384, 386, 389, 398; plano de: 385
 Uxul: 392
 Vail, G.: 179n
 Valle de México: 31, 147, 323
 valor de posición en el sistema numérico: 184-185
 varas cruzadas, como dispositivo de observación: 39-41, 43, 93, 94, 104, 283, 315n, 353, 360, 362, 398
 variación: 75n
 Varrón: 353
 Vega, estrella: 85-86, 154-157, 162
 Venezuela: 433
 Venta, La: 31, 336
 ventanas, en Chichén Itzá: 369, 370, 373-374, 375, 375, 376, 376, 377, 378, 380-381; en Copán: 345, 350, 351, 352; en Mayapán: 380
 Venus, planeta, y agua: 306, 350, 357, 387; alineamientos de: 282, 384-385, 386, 387-388; y el calendario de 260 días: 199-200, 257; y Caracol en Chichén Itzá: 371, 372-373, 373; ciclos de: 21, 118, 131, 349, 388; en los códices: 33, 44-45, 69, 187, 228, 239, 251-268, 254, 272-273, 278-279, 282, 292, 346n, 349n-350, 372-373, 388; y Copán: 231, 345, 347, 350, 352, 355-356; culto maya a: 21, 231, 304, 352n, 388; y Cuzco: 419, 419; declinación de: 130, 131; como dios-diosa: 121n, 199, 228-229, 253, 306, 352, 371-372, 388, 401; como estrella de la mañana y la tarde: 46, 115, 117, 118-121, 131-132, 199, 228-229, 253, 255, 264-265, 349, 361, 371, 385-388, 390, 403, 418, 419, 419; fecha de nacimiento de, en Palenque: 231; importancia de: 60, 116, 251; en inscripciones monumentales: 19, 131, 228; mascarones de, en

- Belice: 390; orto y ocaso heliacos de: 119-121, 131, 228-229, 253, 256-257, 259-260, 262, 279-280, 282, 372, 378, 385; como patrón de la guerra: 229, 306, 361; período sinódico de: 118, 128, 131, 253, 260-261, 352n; como planeta inferior: 116; y los mayas lacandones: 19, 350; símbolos de: 230, 254, 278, 309, 350, 372, 385; y los toltecas: 389; y Uxmal: 384, 386, 388; como "verbo estelar": 228; visibilidad de: 120, 130, 134, 136, 148, 199, 253, 256; *véase también* ciclo de 584 días
- Venus, Templo de (Copán): 350, 351, 352
- Veracruz: 228, 323
- "verbo estelar": 228
- Vía Láctea: 59-60, 67, 69, 70, 85-86, 88, 133, 136, 421
- Vigil, J. M.: 56
- Villacorta, Carlos A.: 179n
- Villacorta, J. Antonio: 179n
- Viracocha, dios: 420
- Vogt, Evon: 67, 341n, 409
- Voyager, programa de computación: 135
- Vrsinas, montaña: 441
- waraos, tribu: 58, 433
- Webster, David: 305n, 333, 347, 354
- Wedel, Waldo: 182, 409
- Wheatley, Paul: 298, 300-301
- White, Ray: 431-432
- Wicke, C.: 328, 330
- Wilbert, Johannes: 58, 410n, 433
- Williamson, Ray: 20n, 136, 413-414
- Willson, R. W.: 271
- Wilson, Peter J.: 297, 300
- Winter, M.: 365
- Wisdom, Charles: 343
- Wittry, Warren: 411
- Wolfman, D.: 75n, 164
- Woodhenge, estadounidense: 411-412, 412
- Woolard, Edgar W.: 144
- Wordsworth, William: 297-298, 354
- Wyoming: 15, 407, 407
- Xaman Ek, estrella: 60
- Xihuingo: 316n, 445, 446
- Xiu, familia: 384n
- xiu molpilli: 203
- Xiuhtecuhtli, dios: 207
- Xochicalco: 40, 65, 276, 318, 361, 363
- Xonecuilli, constelación: 53-54, 58-59
- Xpuhil: 382n
- Yax Pac (Yax Pasah): 231, 347-350
- Yaxhá: 392
- yekuana: 433
- Yucatán: 15, 31-32, 46, 65, 114, 130, 164, 178, 208, 232, 243-244, 285, 340, 344, 354, 367, 373, 378, 379, 381, 383
- yucatecos, mayas: 66, 68
- Yutu, constelación: 421
- Zacatecas: 316
- zahoríes: 396
- zapotecos: 22, 197, 306n, 358, 367
- Zeilik, Michael: 366n, 395n, 413
- Zimmermann, Gunter: 179n
- zinacantecos: 67
- Ziolkowski, M. S.: 419
- Zodiaco, chino: 275; definición de: 275; maya: 60, 142, 276, 277, 280, 282; sumerio: 275; occidental: 143-144
- zoomorfas, constelaciones: 275, 421
- Zuidema, R. Tom: 420, 427-430
- zúñis, indios: 361, 413

Observadores del cielo en el México antiguo, de Anthony F. Aveni, se terminó de imprimir y encuadernar en abril de 2013 en Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C. V. (IEPSA), calzada San Lorenzo, 244; 09830 México, D. F. En su composición, parada en el Departamento de Integración Digital del rce, se emplearon tipos Electra LH Regular de 12, 10:13 y 8:9 puntos. El tiraje fue de 400 ejemplares.

Tipografía: *Juliana Avendaño López*
Cuidado editorial: *Rubén Hurtado López*

A través del campo interdisciplinario de la arqueoastronomía, Anthony F. Aveni se acerca a las culturas americanas precortesianas, a fin de esclarecer sus abundantes misterios vinculados con la observación de los astros. Así, el autor da cuenta de la forma en que los antiguos mayas alcanzaron gran precisión astronómica sin necesidad de los modernos instrumentos; describe el sistema con el que lograron elaborar un calendario más exacto y complejo que cualquier otro de su tiempo, y explora el papel de la astronomía en el diseño y la disposición de sus centros ceremoniales.

En 1980 se publicó en inglés la primera edición de *Observadores del cielo en el México antiguo* y un año más tarde el Fondo de Cultura Económica tradujo el libro al español. Debido al adecuado tratamiento del tema, a la fluidez con la que está escrito y a la seriedad de la investigación, tuvo una gran aceptación y, tras un par de reimpresiones, en 2005 se lanzó esta segunda edición revisada y actualizada.

Anthony F. Aveni (Estados Unidos, 1938) es profesor de astronomía y antropología en la Colgate University, donde está adscrito al Departamento de Física y Astronomía y también al de Antropología y Sociología. Es considerado uno de los fundadores de la arqueoastronomía mesoamericana, particularmente por sus investigaciones sobre la historia astrológica de los antiguos mayas, y ha publicado más de veinte libros sobre astronomía antigua.

